目　录

第四篇 其 他

导　言

一、科学哲学和科学方法论

广义的科学哲学包括以下这些学科：(1)一般科学方法论，(2)物理学哲学与基础，(3)生物学哲学与基础，(4)心理学哲学与基础，(5)社会科学哲学与基础，(6)语言学哲学与基础，(7)概率论和归纳基础等等。实际上"逻辑、方法论与科学哲学国际大会"在科学哲学这一领域内就是按照上述方式分组的。

狭义的科学哲学(即一般科学方法论)主要研究以下三大问题：(1)经验科学理论的性质与结构，(2)经验科学理论的语义学，(3)理论之间的关系与理论变化。

过去往往把科学理论简单地看作一个全称陈述(或几个全称陈述的合取)，第一个问题便不需要加以专门研究。哲学家的精力集中于研究同第二大问题有关的问题，即理论的证实、确认或证伪，或者说理论的接受或拒斥问题。在很长时期内，哲学家往往把这个问题简单化，认为根据一个理论和有关的经验证据之间的关系便可以判定或解决，这就是说，他们对于理论评价问题采取了"单理论模型"。这个理论评价问题便成为科学方法论的中心问题。20世纪60年代以后，拉卡托斯指出，单理论模型把理论的合理评价问题简单化了；科学家对理论的评价实际上是按照"多理论模型"来考虑的。问题不在于一个理论和事实证据之间是什么

关系，而在于新旧两个理论和事实证据之间的关系怎样，接受或拒斥理论就是理论选择即理论取代问题。不但历史主义者对理论评价是这样看的，现在归纳逻辑家对于理论评价也是这样看的，这样，理论选择或理论取代，亦即上述第三大问题就成为科学方法论的中心问题了。

但是，要能够很好地解决理论评价问题也好，理论选择问题也好，都必须首先弄清楚什么是科学理论。以往归纳逻辑或科学方法论教科书所举的简单的科学理论的例子（例如："一切天鹅都是白的"或"所有行星都按椭圆形轨道运行"(作为说明某一逻辑要点的例子是可以的，作为说明科学家如何评价，选择理论的例子，就完全失真了。首先哲学家开始注意到经验定律和理论的根本区别；即出现在经验定律中的名词外延或所指都是可观察的，而出现在理论中的有些名词则不是这样，不能因为两者往往都具有全称陈述的形式而把它们等同起来，这样，理论即是全称陈述的简单化观点便不能成立了。哲学家有必要进一步研究科学理论的结构问题，进一步弄清楚科学理论的性质。这就是上述第一大问题。

理论结构问题的认真研究是从20世纪20年代开始的。当然在这之前，哲学家研究理论评价问题时对科学理论是什么的问题都已作出基本假定，即采取上述过分简单化的观点，否则理论评价就无从谈起。

二、理论结构的"标准看法"或"公认观点"

在1920年出版的《物理学原理》一书中，坎贝尔（Norman R. Campbell）首先试图给科学理论作出确切的规定，以便把所意指的科学理论同日常语言中对理论一词的各种用法区别开来。他指出：一个理论就是命题的一个连通集(a connected set

of propositions)，它包括两组命题：一组由关于这个理论所持有的一类观念的陈述组成，即后来哲学家所谓的“理论陈述”；另一组由这些观念和性质不同的其他观念之间的关系的陈述组成，就是所谓“对应定义”（赖兴巴赫）或“符合规则”(卡尔纳普)。坎贝尔把前一组总称为假说，把后一组称为“词典”。前者离开了词典，便好象是任意的假定。因而，可以说词典给这个假说所特有的观点提供了一个“公设定义”(a definiton by postulate)。另一方面，经由词典和假说中的观念相联系的那些观念则是不依赖于理论而为人所知的。这两类不同的观念类似于后人所说的理论名词和观察名词。坎贝尔把后一类观念叫做“概念”（这是他的特殊用法），他强调指出：“假说中的观念实际上决不是概念；它们仅仅借助于词典才和概念相联系。”① 这句话道出了半个世纪以来占据分析的经验论的科学哲学讨论的中心的理论名词问题的来由。

坎贝尔对理论结构的看法，为以卡尔纳普，莱欣巴赫、亨佩尔、内格耳和勃莱思韦特等为代表的逻辑经验主义者所接受并加以改进、发展，而成为关于理论结构的一种公认观点或标准看法。半个世纪以来对科学哲学的每个主要问题的讨论和研究，都以这种看法为基础和出发点。逻辑经验主义者把科学理论看做部分得到解释的形式演算或假说-演绎系统。这个标准观点的早期的和最确切的表述，见于卡尔纳普的《逻辑与数学基础》(统一科学百科全书第3号，芝加哥，1939年）一书中（本书已选译)。按照这个观点，一个物理理论要被分析成一个经验地解释了的假说-演绎系统或形式演算——用卡尔纳普的说法，一个“语义系统”。它的

① N. R. Campbell: "The Structure of Theories" in *Readings in the Philosophy of Science*, eds. H. Feigl and M. Brodbeck, Appleton-Century-Crofts, p.291.

最基本假定是：物理理论中出现的名词能够一般地区分为两类——观察名词和理论名词。前者，象“绿的”、“桌子”、“较长”等词，指称可观察的对象的属性、关系和事件，能够不依赖于任何物理理论而被理解。后者如“电子”、“磁场”、“自旋角动量”等词，指称不可观察的（即理论的）对象、属性等等，只有当它们出现在理论语境中才能够被理解。这种观点的吸引力在于，它自称可以提出能够表明我们如何理解那些谈到我们未曾观察到，也许永远也不会直接观察到的对象的科学理论的一般图式。对理论它是这样分析的。

它主张任何理论都可以区分为两个成分：一是这个理论的逻辑骨架，它的演算，这是不具有任何经验意义的成分，这是由原始公式，即当作这个演算的公设的语句集合组成的；二是由这些公设按照指定的变形规则推演出的其他公式的集合。演算中出现的名词可区别为两类：原始名词，即不根据演算中的其他名词来下定义的名词；非原始名词，即以原始名词为根据引进来的那些名词（这个区别并不等同于观察名词和理论名词之间的区别）。这个演算或语法系统一旦被给予经验的解释或意义，它便成为一个具有假说-演绎系统的结构的经验陈述系统了。原始公式成了经验假说，推演出的公式便成了如果假说真、它们就是真的经验陈述了。

一个理论的第二成分，即它们的经验解释，得之于语义规则，即以合适的元语言（通常是“日常的”英语汉语等等）来表述的并且由于陈述这些名词指示什么属性、关系或个体而给它们提供意义的那些规则。

这一派哲学家主张：①并非对一个理论的演算中的所有名词都需要给予语义规则，并且②并非对演算中的所有名词都能够给予语义规则。

这样，只有未被分析的理论中的观察名词是“被直接解释的”。就是说，如果我们把一个语义系统的演算看作一个理论的未解释的逻辑骨架，而语义系统提供了这个理论的**再建构**。仅仅对于代表未被再建构理论中的观察名词的那些演算中的名词才会在完全的再建构中给予语义规则。对于未分析理论中的理论名词在语义系统再建构中将不给予语义规则。哲学家主张这些名词是**不能够**“单凭它们自身而被理解的”，却必须——给定了它们的意义——以“间接的”方式通过它们在理论中所起的作用而被理解。当且仅当这些名词出现于演算中的也包含有被给予语义规则的名词——观察名词的句子中，它们才获得经验的意义。这样的句子就是符合规则（correspondance rules）。

必须把语义规则和符合规则区别开来。一个符合规则的例子便是气体分子运动论中的这个公设：“一切气体都是由分子组成的。”用符号表示是：$(x)(G_x \supset Q_x)$，名词G被给予这个语义规则：“G指示是一个气体样本的属性”，名词Q（它是理论名词“是由分子组成的”的符号表示）却不被给予语义规则，它是由于出现在含有一个其意义被语义规则所直接地完全地给予的名词（G）的句子中而间接地获得部分的意义。要注意一个理论的**所有**名词包括观察名词都在演算中找到，否则就容易把语义规则和符合规则混淆起来。

以上这些就是部分解释观点对科学理论的分析的大要。

在60年代中，这个公认观点受到从不同角度作出的剧烈攻击。首先，它的困难的一个来源是这个可疑的假设：科学理论在其对象语言中含有一类语法对象（符合规则），它们具有特殊的语义学的和方法论的功能（给予理论名词以解释）。其次，理论的和观察的两种语言的区分，已被令人信服地表明为站不住脚的，至少当作一般的语义区分是站不住脚的。第三，人们争辩说，作为

部分解释观点基础的"语义学经验论"对于出现在科学理论中的名词预先就具有的意义并未给予公平对待。第四，在理论的逻辑再建构中，科学理论被当作"已完成的研究报告"，而不是科学共同体的历史地发展着和变化着的创造物。后面这种对理论的看法，却被库恩、杜尔明、费耶阿本德和拉卡托斯等哲学家和历史家强烈地提出来。最后，有些哲学家争辩说，物理理论的初阶形式化或者太笨拙无用，或者是仅仅以相对地不重要的简单情况为限，而有些别的哲学家则完全否认形式化和理论公理化的价值。

总之，到了60年代末期，哲学家几乎一致认为标准观点是错误的。对这个卡尔纳普-莱欣巴赫-亨佩尔-勃莱思韦特-内格耳传统的两个严重打击，一是1969年亨佩尔放弃这种观点①，二是1970年卡尔纳普的去世。从此以后，这种观点就一蹶不振了。

随着逻辑经验主义者的标准观点的彻底失败，许多哲学家试图提供取代这种观点的各种对理论的分析，其中得到最充分发展的，被表明为最有前途的，而且是唯一地获得相当广泛的接受的便是语义学的理论观(the semantic conception of theories)，而标准观点由于主要集中于理论的语法分析，则被称为语法学的理论观。不同形式的语义学理论观被贝思（E.Beth)、萨普、范弗拉森、叔佩斯、史尼德（J.Sneed）和斯蒂格缪勒（W.Stegmüller）等哲学家所发展。这种观点的中心思想是：理论并不是演绎地相连通的语句或命题的集合，而是由数学结构("理论结构")组成的，这些结构作为同实在的或物理地可能的现象处于某种表象关系而被提出来。我们能够给出对这些结构及其与现象的

---

① 参阅亨佩尔的《论科学理论的"标准观点"》一文载《明尼苏达科学哲学论丛》第Ⅳ卷，1970年。

关系的几种不同的描述，所以理论的本质特征一般地是非语言的。因此，语义学观不大关心理论名词的意义以及意义变化等等问题。尽管在语义学理论观的主要原则上大家是一致的，不同的各个哲学家，对于它的细节上的发展很不相同，最重要的分歧同理论结构对现象的表示关系，即理论的物理解释有关，也同科学实在论和工具论之间的论争密切相关。

下文把贝斯、范弗拉森和萨普的语义学理论观（这是他们对自己观点的称谓）和叔佩斯、史尼德、斯蒂格缪勒的非陈述的理论观或结构主义（这也是他们对自己观点的称谓）分别加以介绍。

三、语义学的理论观

在语义学的理论观看来，理论从事于确定对象系统的变化过程，这里把变化过程解释为被指定是这些对象的特征的参数的有限集所发生的变化。这些参数在给定时间同时发生的值便决定这个系统的状态。一个理论的预期范围便是物理上可能的系统的类（例如，一切因果地可能的力学系统便由有限数量相互作用的物体组成）。一个理论的任务就是通过指出对应于它的预期辖域内的可能系统的变化过程的所有并且唯独有时间方向的那些状态的序列，以显示那个因果上可能的系统的类的特征。

理论的结构是怎么样的？那个结构怎样使它能够指出哪些有时间方向的状态序列符合于它的预期辖域内的可能系统的变化过程？一个理论本质上是它的辖域内的系统的变化过程的一般模型。这模型是一个关系系统，它的前域是一切逻辑可能发生的状态的集合，而它的关系决定那同它的预期辖域内可能系统的变化过程相对应的依时间方向出现的状态序列，并且指出哪些状态变

化是物理上可能的。这些排序关系就是这个理论的定律。可能有各种不同的定律，它们各以不同的方式决定状态出现的可能序列。例如，如果一个理论只有决定论的连续律（象牛顿力学那样），那么这些定律（排序关系）将决定系统可以随时间不同而呈现的连续状态的唯一序列。如果这个理论仅仅有统计性的连续律，关系将很类似于那些显示受马尔可夫过程所控制的分枝树的特征的关系，每一路线都指示一个系统后来在时间上可以呈现的状态的一个不同序列，并且给每一状态变化分配条件概率。如果这个理论只有决定论的共存定律（象微观经济学的供求平衡理论那样），这些定律便把状态出现的类加以划分，而可能的有时间方向的状态出现序列就是能够由一个单一的划分类形成的那些序列。理论的预测能力决定于它们具有哪一种定律：例如，决定论的连续律使人能够预测一个系统后来唯一的状态；统计性的连续律仅仅使人能够预测这个系统在以后时间 t 将处于一个被指定的状态集合中的一个状态，每一个状态都被分配有这个系统居于其中的概率。决定论的共存律也仅仅使人能够预测在后来时间 t 这个系统将处于同它从前处于其中的状态“等值”的某一个状态，并不给这些状态分配任何概率。

这样，一个理论由于决定那符合于一切可能的这种系统的变化过程的状态出现的序列，便模拟在它的预期辖域内的可能系统的变化过程。然而，象关于模型通常所发生的情况那样，这个符合并不必是同一性。因为在指定状态的可能变化时，这个理论默认地假定唯一地影响系统的变化的因素就是作为状态参数出现的那些因素，但事实上这些参数的值常常受并不作为状态参数出现的其他因素的影响。因此，符合具有下述性质：这个理论所决定的状态序列表示理论辖域内的可能系统的变化过程会是什么样子，如果对那些变化发生不可忽略的影响的仅仅是理论的参数的

话。就是说，这个理论显示出在理想情况下，当参数的值不受任何外界因素的影响时，系统的可能变化过程的特征。这样，便规律性地同它的预期辖域内许多实在系统有关。这里举个例子来说明，试考察一个关于货物供求状态相互作用的微观经济学理论。按照这个理论，货物将按照供求相等的平衡价格来定价、供给，需求和价格可以随时间而变化。但根据这个理论，这些变化总是会达到在给定价格上的供求平衡状态。照这样，这个理论的变量是价格、供给量和需求量，并且有这样一种决定论的共存律，以致对于一个给定价格、供给量总是和需求量相等。这个理论实际上说的是，供给-需求-价格的市场系统的变化过程将是如此，以致这个系统总是趋于一个在给定价格上供求相等的状态。但这是关于市场的一幅极度理想化的图画：它假定存在着完全的竞争，紊乱状态并不出现，价格对供求情况的变化能够立即作出反应。就是说，这是一个理想化的情况，其中系统的变化过程仅仅依赖于供给、需求和价格。这种理想化情况常常并不在市场中实现；但这并不表明这个理论是错误的。因为这个理论的意图仅仅是描绘，如果这些理想化条件得到满足，那个市场的供给-需求-价格的变化过程就会是什么样子。如果理想化条件满足了，这个理论直接能够预测将要发生的情况；如果不满足理想化条件，仍然可能用这个理论，通过求助于辅助理论，来预测将要发生的情况。假定我们有一个并不满足理想化条件的供给-需求-价格系统，但我们也有另一个辅助理论，告诉我们在系统中起作用的其他因素（例如卡特尔），如何影响供给量、需求量和价格，那么，使用我们的供给-需求-价格理论，我们能够预测，如果理想化条件被满足的话，这个系统的以后状态就会是怎样的，然后使用这个辅助理论来决定实际的情况如何地偏离理想化情况。这两个理论一起就会得出关于实在的变化过程将是什么样子的准确预测。

那么，根据语义学的理论观，科学理论是当作图象模型（iconic models）起作用的关系系统，它们显示出在理想化条件下它的辖域内的系统所能经历的一切可能的状态变化的特征，当且仅当这个理论所决定的状态出现的可能序列的类等同于在理想化条件下它的预期辖域内的系统的可能的变化过程，这个理论才是经验地真的。任何时候当理论的预期辖域内的一个系统满足了理想化的条件，这理论便能够预测这个系统的以后变化（预测的准确性取决于这个理论具有何种定律，如上所述）；如果不满足理想化条件，要是这个理论和一个合适的辅助理论一起使用，它也能预测这个系统的变化过程。

以上是萨普的语义学理论观的大要，范弗拉森的语义学理论观和萨普观点的区别主要不是在理论的抽象结构，而是在理论结构和现象之间的表示关系问题，即理论的物理解释上。他们的分歧也同科学实在论和工具论的争论密切相关。

四、结构主义的理论观

结构主义和范弗拉森、萨普的语义学理论观的共同点是：理论并不等同于提出理论时所用的语言表述（例如语句或命题的集合），而是语言外的理论结构，或者包括理论结构为其中心部分。但关于这种结构的性质，两者之间有很大分歧，结构主义者把理论结构认作可用一个集合论谓词来予以公理化的集合论对象；语义学理论观则把理论结构认作构形相空间（configulated state space，范弗拉森）或者合适地连通的这种空间集或其度量的类似体（萨普）。但两者都认为：分析理论的抽象结构仅仅是对理论的哲学理解的一个方面，他们还同时致力于解决其他问题，范弗拉森和萨普把他们的努力焦点放在理论的物理解释上，属于上述

第二大问题（经验理论的语义学）之列；而结构主义者史尼德和斯蒂格缪勒则集中注意科学理论的动力学，属于理论间的关系的上述第三大问题。

结构主义方向是由叔佩斯和阿当斯（E.W.Adams）开创的。叔佩斯首先建议通过给集合论谓词下定义的方法把一个理论公理化。就是引入"x是一个p"（例如："x是古典粒子力学"）这个谓词，由此所谓公理就包括在"是一个p"的定义中。就物理理论来说，谓词P表示一个数学结构，这力被叫做理论的基本结构，若仅仅考虑这个理论的数学方面，这个基本结构就足够了。一个非数学理论除这个"形式的"部分外，还必须包括一个非形式的部分，代表这个理论的应用方面。阿当斯提议采用理论的两部分建构：即他称之为"特征属性"的基本结构和"预期解释"（intended interpretations）的集合。

史尼德对叔佩斯和阿当斯的方案进一步作出各种添加和修改。先谈修改方面。史尼德指出，每一个物理理论都含有为数众多的应用，其中许多应用可以同时存在。这些应用的一个重要特点就是：它们并非彼此孤立，而是部分重叠的。因此，决不可以谈一个物理理论的唯一应用（the application）而要谈预期应用的整个集合I。

同数学与逻辑中的"域"(domain)相反，I并不是完成的，外延上封闭的东西，而是一个"开"集，仅仅由这个理论的范例应用组成的、I的子集I_0才是外延上给定的。你可以把I设想为从I_0开始，然后随着理论的发展而连续地或逐步地增加。

让我们把注意力集中在基本结构上。现在从外延方面来看，那么基本结构就等同于满足它的那些对象的总体，就是等同于这个公理化理论的模型集M。不理会这些公理本身，而保留这个理论的完整的概念工具，我们就得到这个理论的通常更大得多的可

能模型集M_p。

理论的/非理论的之区分是史尼德形式方法的又一特点。人们通常区别理论名词和观察名词，史尼德的理论名词和公认观点的理论名词不一样。他的“理论性标准”提及在被应用理论中出现的概念的使用，因而可以称为“功能主义的”。简括地说，如果理论T中出现的概念可否应用于一个特殊情况中的问题，能够无需预设这个理论T有成功的应用而得到解答，那么这概念对于T就是非理论的。否则它对于T便是理论的或T-理论的。特别是，如果决定一个函项的值的一切方法都要预设理论T在它的有些预期应用中是真的，这个函项就要被看作T-理论的。

卡尼纳普曾经强调“理论的”和“观察的”之分界线中的约定成分。现在既然使用一个标准来决定一个名词是不是理论的，“名词t是T-理论的”这个形式的陈述便不是一个哲学家的建议，而是T的分享者关于名词t的实际使用的一个经验假说。所以它不是约定的。

史尼德对理论性的看法产生了“理论名词问题”：一个理论的含有理论函项的数学结构能够用来陈述经验的主张吗？回答似乎是“否”。因为假定谓词“p”表示T的基本结构，而“a”则称谓（或描绘）T的预期应用之一。那么T的一个经验主张必定具有这一形式：

（1）　　　　　　　　“a是一个p”

但如果T含有理论名词，只当我们已经预设一个有同一谓词“p”的具形式（1）的陈述是真的，我们才能够决定（1）的真值。

这样试图检查具形式（1）的语句是否经验真理的努力便导致无穷回归或者循环论证。

幸而我们能够避免使用这个含有理论名词的理论来表述经验假说的怀疑论结论。我们可以拒斥下述预设：形式（1）的语句适

合于陈述这种假说。通过用变项来替代谓词常项，并在这种代替所得到结果的前面加上合适的存在量词，我们就把（1）变形为它的兰姆赛语句（2）。①要发现这个兰姆赛语句是否真，我们只需要研究某些非理论的东西，从而避免为产生理论函项的值而受限制；我们不必假定具形式（2）的任何其他主张是真的。因此，兰姆赛观点给理论名词问题提供可能的解决。

实际上我们能够说的还不只这些：只要对上述问题未找到任何其他的解决，由科学假说的传统观点过渡到兰姆赛观点便是绝对必要的。必须强调指出，决不可以把这种过渡解释为一个哲学家的求援。却要认做对经验科学内部理论应用的描述的一部分。

现在我们必须询问理论的/非理论的之间的区别是否会影响根据集合论的结构对理论所作的特征描述？至此为止在叫作模型的对象领域中只有二重区分：M的元素（就是那些既赋有该理论的全部概念工具，同时也遵守理论的基本定律的元素）和M_p的元素（就是属于同一类、但不一定遵循理论定律的那些元素）。现在假定我们“剪掉”M_p的一切理论成分。剩下来的东西便叫做“部分的可能模型”（partial possible models），它的整体将被简写为“M_{pp}”。如果把谓词“经验的”用作“非理论的”的同义词，那么这个理论要特意说明其变化过程的、那些经验地可描述的对象，就构成M_{pp}的一个子集。

让我们以麦金西（J.C.C.McKinsey）等人对经典粒子力学的公理化为例来说明。并且假定力和质量都是理论函项，而位置函项则是非理论的。满足这些作者的所有公理、尤其是牛顿第二定律的那些系统（即那些由一个粒子集、一个时间间隔和三个函

① “蓝姆赛语句”（Ramsey sentence）是一个其经验内容等同于一个理论陈述，但却消除了该陈述中含有的一切理论名词的语句。这是哲学家蓝姆赛提出的解决理论名词问题的方法。

项：质量、位置和力组成的五元组）便构成这个理论的模型。除第二定律外满足相同条件的那些系统便构成可能的模型。最后在消除掉质量函项和力函项以后仅剩下位置函项的那些子系统就构成部分可能的模型；它们直觉地由运动粒子的纯粹运动学的描述构成。

不要忽视“非理论的”或经验的对一个特定理论的关系，描述的经验性同这些描述在一定意义上“渗透理论”这个论题是完全相容的。这里提及的理论也许是，例如，某一关于空间时间测度的理论。总之，比经典粒子力学更基本的理论就是经典粒子力学的基础。

现在只要记住这一修改怎样影响科学理论按照集合论观点的特征描述：即是，就含有理论名词的理论T来说，M，M_p和M_{pp}这三个类是根本分离的。

上面指出理论有许多部分地相互重叠的应用。理论函项能够产生部分重叠的应用之间的相互依赖性，因为这样一个函项在一个应用中所具有的值依赖于这个函项在其他应用中的值。约束（constraints）这个新概念便使这个直觉观念准确化。

定律和约束之间的区别是对原来方案的第三个也许最重要的修改。定律总是排除某些可能的模型成为实在的模型，约束便排除可能模型或模型的某些结合。所以我们必须区别物理理论中所用的**两类结构**。一类结构必需在**单一**应用中有效。我们谈定律时心里所想的便是这一类结构。第二类结构的排除效果是在不同的应用之间见效的。

让我们以字母“C”表示约束集。一个理论的第一个成分，即我们在本节开头称之为基本结构的那一成分，已呈具体形式，可用四元组$K=(M_p, M_{pp}, M, C)$来表示了。史尼德把这个由可能模型集、部分可能模型集、模型集和约束集按这个次序组成的四元组叫做这个理论的核心（core）。

上面泛谈定律，实际上提到的只是一个定律，即这个理论的基本定律，它被这个理论的分享者认为在每一应用中都有效的。在外延上这个定律由M集来代表。仅仅在个别应用中有效的特殊定律必须和基本定律区别开来。例如，牛顿第二定律是属于牛顿理论核心的基本定律，胡克定律则仅仅在这个理论的某些应用中有效。

基本定律和特殊定律的区别使叫做“理论”的这个东西的第四个修改成为必要的。这个修改提示我们要把迄今为止叫做理论的那些项目这样地改写一番，使整个理论成为一个由理论元素(theory-elements)组成的分层结构。

史尼德在其《数理物理学的逻辑结构》(1922)中，把特殊定律和特殊约束合成一类，仅仅在描述动态方面时才使用它们。把这两个项目添加到核心中的结果便是“扩大核心”(expanded core)。带有不同的假设定律的理论的稳定性被形式地描绘为在核心扩充永远发生变化时核心仍保持不变的过程。由于巴尔策(W. Balzer)的建议，后来斯蒂格缪勒采取这种把定律解释为理论元素的局限化的建构。

在讨论特殊定律之前我们曾经把一个物理理论等同一个有序偶$\langle K, I\rangle$，I代表理论的应用方面，而K则代表它的数学方面。后者被再建构为这个四元组$\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$。为了避免术语上的混乱，我们必须给这些东西引进新的更一般的名字。我们将把它们叫做理论元素。更准确地说，X是一个理论元素，仅当X是一个有序偶$X=\langle K, I\rangle$，带有一个(理论元素)核心$K=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$和一个$I$集，这样地，$I\subseteq M_{pp}$。最后这个条款保证只有部分的可能模型才被当做预期的应用来使用。

现在为了把“在一个理论中有效的”特殊定律引入这个基本系统中，斯蒂格缪勒把一个定律解释为具有和理论本身相同的形

式结构的东西。换句话说，他把一个特殊定律再建构为一个某种的“小型理论”(mini-theory)。他把由一个给定的理论元素得到一个特殊定律的方法叫做这个元素的局限化（specialization)。代表一个理论元素的成分的同样符号加上一撇“$'$”将代表特殊定律。我们首先从给定理论元素的部分可能模型集M_{pp}中挑选出一个非空子集M'_{pp}。我们以相同方式获得M的子集M'和C的子集C'。这个特殊定律的预期应用集可以定义为$I'=I\cap M'_{pp}$。也可以这样地引入集M'_p，以便它的元素就是新的部分可能模型（即M'_{pp}的元素）加上理论函项。这样得出的局限化$\langle\langle M'_p, M'_{pp}, M', C'\rangle, I'\rangle$就由此反映了原来理论元素的形式结构。

理论元素和它们的局限化能够由此按照分层次序联结起来，或者更准确地说，局限化关系构成它们整个集的偏序关系，这样一个半序集叫做理论网N。我们因此就把原来叫做“理论”的东西化约为许多理论元素之一，即N的初始理论元素。仅仅它的“居于网的顶点”的位置使我们回忆起它的杰出作用。我们将给这个初始元素$\langle K, I\rangle$一个名字，称之为网N的基本元素或基础$B(N)$。

上面简述了把物理理论及其成分再建构为集合论结构的方法。要特别注意史尼德和斯蒂格缪勒对叔佩斯和阿当斯原来方案的四点修改：(1)理论的为数众多的应用是部分地相互重叠的，理论的预期应用集I是一个开集；(2)理论函项和非理论函项之间的区别导致三类模型M_{pp}，M_p和M的基本区分，这就对根据集合论结构来显示科学理论的特征这件事发生影响；(3)定律和约束之间的区别是第三个和也许最重要的修改，前者起了排除可能模型的作用，后者则排除模型或可能模型的某种结合。它们导致物理理论中两种结构的区别：在单一应用中有效的结构和在不同的应用之间有效的结构；(4)基本定律和特殊定律的区别，这

个修改结果使整个理论成为一个由理论元素组成的分层结构。

结构主义者一方面反对标准观点的过分简单化的理论观，它的语言分析往往以可在原始的初阶语言中形式化的理论为限。他们认为这个态度是使科学哲学缺乏实质上的进步的原因。

另一方面，他们也不同意许多哲学家的做法，后者简单地在日常语言所表达的概括和自然界定律之间作了过分简单的类比，从而得到残缺不全的科学理论的图象。他们往往把物理理论等同于经验假说而忘记理论中所使用的数学结构。所以结构主义者强调基本数学结构和经验假说的区别，而科学理论则包括这两方面。

他们认为给予理论以准确的和令人满意的公理化是有用的和重要的，因为通过公理化人们才辨认出理论的基本的数学结构。但同样重要的是怎样在这种结构上建立经验假说的系统这个尚未解决的问题。史尼德对这个问题提出了许多新的有趣的见解，使结构主义近年来成为一个令人注目的研究纲领。斯蒂格缪勒并且认为这些思想将构成把逻辑分析的科学哲学和历史主义的科学哲学连接起来的最好基础。

五、结　束　语

上面简单介绍了关于理论结构问题的三种主要观点：其中标准观点或语法学的理论观曾在20年代至50年代占统治地位，现今已经成了退化的研究纲领，妨碍了科学哲学的进步。其他两种观点都反对把理论和理论表述等同起来，反对以语言分析作为唯一的或主要的研究方法，都可以称为语义学的理论观（例如萨普对两派都用这个名称）。但由于两派之间有不少分歧。上面我们把范弗拉森和萨普的观点称为语义学的理论观，而把另一派按照他们

自己的称呼叫做“非陈述观”或“结构主义”。这两派都是最近20多年来发展起来的、生气勃勃、精力充沛的研究纲领。

以上三派在理论结构问题上都是采用形式的方法来分析和理解科学理论，尽管他们采取了不同的形式方法——元数学方法或者数学方法，也得出不同的结论。

有些哲学家努力寻找比公理化理论的概念更广泛、更灵活的概念单位，也就是说比单一科学理论更综合更全面的科学单位，主要为便于研讨理论变化和科学发展问题。在这些努力中可以指出蒯因关于理论的“整体主义”网络模型，库恩的“范式”，图尔明的“概念系统”，拉卡托斯的“科学研究纲领”，夏皮尔的“科学领域”和劳丹的“研究传统”。这些概念中的大多数，特别是库恩的范式，都含有指称那个支持某一科学理论的研究者共同体的语用学概念，它们还强调基本理论（以别于一般理论）起着皈依某一全面的世界观的作用。这些哲学家对科学理论的研究都采用非形式的方法。

形式方法和非形式方法是相辅而行的，要研究和充分理解科学理论，显示理论的深刻特征，这两种方法缺一不可。例如，夏皮尔等人致力于研究理论如何在实际的（历史的和当代的）科学环境中被运用和得到发展，他们集中研究理论作为诸如理想化和简单化等认识工具所起的作用，各种类型的理论（例如合成的和进化的）和科学家厚此薄彼的理由，理论和较大的科学单位例如科学领域、区域（areas）、场（fields）和学科的关系等等。这些非形式研究的结果可为评价和检验理论的形式分析提供主要资料，但这并不是说，象语义学理论观或结构主义这样的形式研究仅仅是寄生性的，把非形式研究的结果形式化和精确化的尝试。因为理论确实含有单纯依靠非形式分析所不能充分理解的数学结构。因此，对理论的充分的哲学理解有必要把形式研究和非形式

研究恰当地结合起来。

本书最后一部分还选录一两篇不属于以上三派主要观点的文章，使读者可对当代关于理论结构的研究获得比较全面的理解。

江天骥

第 一 篇

语法学的理论观

理论的结构*

Norman R.Campbell

我所谓理论不指什么？最好是一开始就较为详细地说明，我想赋予"理论"一词的确切意义是什么。我不想首先假定，我使用这个词的方法与普遍采取的用法一致；事实上，既然我将主张，一般所使用的"理论"一词包括具有大不相同的形式与意义的命题，那么我就可以明确地否定这一假定了。在定义了"理论"一词的意义以后，必须提出这样一个问题：按照我的定义，科学命题中的哪一些（如果有的话）——不论人们是否普遍视之为理论——是理论？既然这个词来自日常会话，因而已被赋予了许多内涵，那么在开头就将它从这些联系中分开，并小心阐明这个词不意指什么是恰当的。

在通常用法中，"理论"总是与"实践"相对而言的，且这种对比具有词源学上的根据。理论最初是与行动状态相区别的沉思状态，将那些不会对现实生活发生影响的讨论称为"理论的"是完全正确的。正是这一区别为将论文或考卷划分为"理论的"和"实践的"提供了根据，后者严格限于实验室的实验操作细节，而前者则限于对这些实验可能导致的所有智力过程和智力成果的考虑。因为在这个词的这种最初涵义上，所有命题必然是理论的

---

* 译自*Readings in the Philosophy of Science*[《科学哲学阅读文选》], pp.288—308。Herbert Feigl和May Brodbeck编。New York, Appleton-Century-Crofts, Inc. ——译注

（由于它们与思想而不是与行动有关）；在这个意义上，一切科学，就其由命题构成而言，都是理论的。

然而，对这一涵义稍加明显的扩充就导致用这两个相对的词来区分两种命题：其确立更多地需要思维的命题和其确立不太需要思维的命题。在这个意义上，同一个命题，就其赖以建立的证据而言，它可以是理论的，也可以是实践的。"一个无支撑的石头将落到地面"，这一命题是"实践的"，假如它被断定为公共经验的结果的话；而如果视之为万有引力"定律"的推断，它就是理论的了。因而理论是一个程度问题，科学随着我们由其基本的和根本的判断过渡到由这些判断引出的命题的各种层次而越来越成为理论的。

在决定称实际科学中某些命题为理论的时，该名词的这种用法当然起了某种作用；这些命题被称为理论，因为它们是复杂的。在这里，我将不赋予"理论"一词以这种意义；有些被称为理论的命题相当简单。另一方面，它们不是定律，更不是基本命题，而是观念发展中的又一步骤。

人们用"理论的"一词表示那些需作更多的考虑才可确立的命题，由这一用法直接产生了另一种联系。一切思维和推理过程都易于导致错误，虽然在某种意义上对一个命题的考虑越多，它就越可能为真，但在另一种意义上，它也越可能为假；一个结论的获得所包含的推理过程越长、越复杂，错误潜入的可能性就越大。这样，"理论"一词就与不确定性的感觉联系起来了；一个命题越是"理论的"，人们就越不能确信它为真，这成了一种流行的观念。反过来，命题常常被称为理论，仅仅是因为它们的真是不确定的。

显而易见，这种看法的较粗糙形式是错误的。许多受教育不多的人都希望依赖"实践的结论"而不是"理论家"的推理，这

种愿望仅仅是由于无知，由于这些人不能将那些可能导致真理的思想和那些可能与错误相联系的思想区分开来。假如一个结论是可以由一系列简洁的推理而获得的，那么试图用复杂的论证来得到它就会导致错误，这一点当然好。但避免复杂推理的尝试常常只是掩盖了这种推理。通常作为“实际的人”的观点之来源的那些假定与推理并不比那些作为理论基础的假定与推理更简单；它们更容易而不是更不容易导致错误，因为它们的表达更不直接。有人认为，存在着“在理论中真，在实践中假”的命题，这种观点的根据仅在于，未入门的人不能理解理论，他们习惯于将命题运用于与理论完全无关的情况。对于那些无思维能力的人来说，理论将总是危险的。

但那些完全没有这种一般错误的人也认为，“理论”一词与不确定性感觉有关，一开始就忽视这种联系对于我们当前的目的至关重要性。这种情况既作为原因又作为结果与这种现象相联系：人们不能认识到所要考虑的这类命题的真正本质或者其独特特征。说前者它是后者的原因，是因为人们注意到这些命题具有较小的确定性，因而不同于其他命题，这种情况模糊了它们在其他方面也不相同这一事实；说前者是后者的结果，是因为一类本质上完全不同的命题的混淆直接导致了本来——假如认识到这种区别的话——可以避免的错误。人们可能会发现，他们想要称作理论的那些命题永远也不可能达到与定律相同的确定性，但是，考察一下这类命题的性质就一定会得出这个结论，因为既然定律同样不能完全避免错误，那么上述差别决不能将它们与定律区别开来。

与“理论”密切相关的另一个词是“假说”。事实上，这两个词常被当作同义词，在较早的文献中尤其如此。Laplace星云理论与星云假说是不加区别地被使用的。严格说来，一个假说是这

样一个命题，它是提出来供人们思考的，而且有关其真与假的断定直到这种思考完成之后才能作出。因此，假说必然与怀疑相联系，但这是一种否定性的而不是肯定性的怀疑，它是判断的悬而未定，而不是不相信的趋向。但在当前的用法中，这个词（特别是其形容词形式）几乎总是蕴涵了第二种怀疑，称一种观点为假设的，在实际上就等于表示对它持有异议。我同样不想包含这种意思。我将给这个词一种以其来源为根据的特殊涵义：一个假说总是这样一个命题，它不能被判定为真的或假的，除非另加上某些别的命题，尽管如果没有这些别的命题，它也会有一种明确的意义。假说（hypothesis）和假说的（hypothetical）必须被视为蕴涵第一种怀疑，而决不是第二种怀疑。

我所谓理论指什么？现在我已经说明了我所说的理论和假说不指什么，剩下的是说明它们指什么。

一个理论是一组相互联系的命题，这些命题分为两类。一类是关于为该理论所特有的那些观念的陈述；另一类是关于这些观念与具有不同性质的某些其他观念间关系的陈述。第一类合起来叫做理论的“假说”，第二类则是理论的“词典”(dictionary)。这样称谓假说与刚才说明的涵义是一致的，因为构成假说的命题不能被它们自身所证明或否证；它们必须是有意义的，但若从词典中孤立开来，它们就象是些任意的假定。因此，可视之为“根据公设定义了”表现假说特征的观念。另一方面，对于借助于词典与假说的观念相联系的那些观念，人们的了解并不依赖于包含它们的那个理论。人们应能不依赖于有关该理论的一切知识而确定这些观念的特定命题的真假。词典规定，如果这些已知真值的命题中的一些真，则包含假说观念的特定命题也真，反之亦然，由此将这两组命题联系起来；可以这样表述这种关系：第一组命题蕴涵第二组命题。

在科学理论（因为在除了科学以外的其他知识领域中，似乎也可能有许多具有完全相同的特征的命题）中，借助于词典而与假设观念相联系的观念总是概念（concept），即由齐一联系而在定律中联系起来的基本判断的集合；包含这些观念的命题——其真或假是已知的——总是定律。因此，包含在一个理论之中的那些不是假设观念的观念将被称为概念；必须记住，这个名词是在一种非常特殊的涵义上被使用的；概念的有效性取决于定律，概念在其中相互联结的任何命题还是一个定律。就那些可承认为假设观念的观念而言，是否有必要对其本质作任何限制，这是一个需作充分考虑的问题。然而有一个限制是显而易见的，因为我在开头就指出，有关这些观念的命题是任意的，即它们不能是概念。事实上，大多数重要的物理理论的假设观念——但不是其他科学的假设观念——都是数学常量和变量。（除了在这个区别显得重要的情况下以外，在本章中"变量"一词的使用将包括常量。）

如果按照词典，一个由假说推导而来的关于假设观念的命题蕴涵关于概念的真命题，即蕴涵定律，我们就说该理论真；因为关于概念的一切真命题都是定律。而如果那些关于假设观念的命题蕴涵某些定律，那么我们说，该理论说明了这些定律。

一个例证将会使问题更加清楚明了。为了节省具有科学头脑的读者的感情，使我自己免遭其指责，我先得说明，此例纯属虚构，具有这种性质的理论在科学中将毫无意义。但考虑了这个例子，我们将会更好地理解，为什么它是这样的毫不重要，同时它在哪些方面不同于有价值的科学理论。

其假说包含下列数学命题：

（1）u，v，w，…是独立变量。

（2）对于这些变量的所有值，a是一常量。

（3）对于这些变量的所有值，b是一常量。

（4）$c=d$，其中c和d是相关变量。

其词典包含下列命题：

（1）陈述（c^2+d^2）$a=R$，其中R是一正有理数“蕴涵陈述”某块特定大小的纯金属的电阻为R”。

（2）陈述“$cd/b=T$”蕴涵陈述“那块纯金属的温度为T”。

我们由假说推出

$$(c^2+d^2)a\bigg/\frac{cd}{b}=2ab=\text{常量},$$

根据词典解释这一命题，我们得到下面的定律：

一块纯金属的电阻与其绝对温度之比是一常量。

此命题为一条真定律（或为了我们的目的可视之为真定律）。因而理论是真的，并说明了定律。

尽管上例看起来荒唐，却可说明在实际理论中具有重要意义的某些特征。首先，我们可看到命题的本质，这些命题分别包含假设观念和概念，且根据词典的规定是相互蕴涵的。当假设观念是数学变量时，概念就是可测量概念（关于这后一种观念，我将在后面作详细讨论），由于相互蕴涵而联结在一起的命题将变量或其某种函项同与这些可测量概念相同的数联系起来。当词典规定了这种关系时，可以简洁地说，假设观念的函项“是”可测量概念；因此我们将说，（c^2+d^2）a和cd/b分别“是”电阻和温度。但必须强调，采用这一命名法不过是为简单起见；它并不意味着，在“是”这个用途极广的词的任何其他涵义上，$(c^2+d^2)a$是电阻；因为在这个词的某种涵义上，变量的函项不可能“是”可测量概念，正象一个铁路机车不可能“是”由同一数字所表示的那一年代一样。

如果一个假设观念被词典直接规定为某种可测量概念，这个

观念就完全确定了，且可根据实验来检验有关这一观念的值的每一命题。但在上例中，这一条件未得到满足。作为可测量概念的仅仅是假设观念的函项。而且，既然只有两个函项——其中包括四个数学变量，它们之间有一种关系已为假说所规定——被规定为可测量概念，就不可能通过确定那些概念而明确地赋予它们以数值。假如它们当中还有某个函项被规定为第三个可测量概念，我们就可以一种方式赋予它们全体以数值。如果词典中同样还包含另外第四个函项，就会出现这样的问题：由一组三个函项确定的值是否与由另一组三个函项确定的值一致？

这些区别是重要的。在有的理论中，可以就某个基于实验的有关每一个假设观念的命题作出断定，而在另一些理论中，人们不能对这些观念分别作出任何断定，而只能对它们的组合作出断定。这两种理论之间显然有着很大的差别。在有的理论中，可以明确地证明几个有关那些观念的陈述是一致的，而在另一些理论中，人们只知道这些陈述并非不一致。这两种理论之间也有区别。就这些方面而言，现实的理论几乎在一切可能的程度上互不相同；常常有这种情况，某些假设观念可以由实验直接确定，而另一些则不可能；在这种情况下，这两类观念之间有着重要的差异。那些可被直接确定的假设观念常常被混同于另一些它们与之相关的概念，而那些不能被直接确定的假设观念却显然是理论的。但必须注意的是，这种性质的区别是无根据的。假说的观念实际上决不是概念，它们不过是借助于词典而与概念相联系。不管词典的性质如何，只有假定理论的命题为真，才能对有关假设观念且基于实验证据的命题作出断定，一切理论都是如此。这是在我们的整个讨论中必须谨记的首要问题。

人们将注意到，就我们的例子而言，词典中没有将假说的任何独立变量与可测量概念联系起来的命题。这是这种理论的特

征。在定律的推导中，a与b是不随独立变量而变化的常量，由这种用法可以看清独立变量与概念之间联系的本质。只有在（c^2+d^2）a和cd/b分别是同一系统状态中的电阻和温度时，才能得出电阻与绝对温度成比例的结论。另一方面，例如a和b在词典的所有命题中不是相同的常量，那么也就不能得出这一结论。因此，关于a或b为一常量的断言必定意味着，只要概念所涉及的是同一系统状态，那么a或b就是同一常量；相反，独立变量可以不需要系统状态的相应变化而变化。因此，如果词典中有一个引进独立变量的命题，它就必须规定，独立变量的变化不蕴涵系统状态的变化。另一方面，就可测量概念不是系统的属性而言，独立变量可以与之有某种关系。因此，在几乎所有这类理论中，都有一个被称为"时间"的独立变量，这一名称的使用表明，它自某种公认的起点而以某种方式与物理上可测量的"时间"相联系。应当注意的是，一个独立变量与物理上可测量的时间的关系与上述规定——该变量的变化不蕴涵系统的任何变化——并非不一致，因为系统的状态应在某种程度上、且在某种限度内独立于时间，这是系统的本质属性之一。

另外，在有些理论中，还有一些词典中未提及的相关变量。在这种情况下，不应将不提及它们看成是明确断言在这些变量与概念之间没有关系。必须始终认识到，理论的进一步发展可能将它们引入词典之中。

物理学理论中的一个例子。引进作为这一讨论的基础的虚构例子的目的在于，在定义一个理论并考察其形式构造的某些特征时，我们可以避开一些从任何现实理论中取例都必定会出现的相现系的观念。这样就更易于理解理论的假说与词典的区别，以及表现理论这两部分的特征的观念的性质的区别，或更易于看到，只有借助于理论的命题我们才能根据实验而将数值赋予假设观

念。但现在我们必须考虑，实际上是否存在着具有这种形式结构的科学命题，而如果有，将“理论”一词用于它们是否与通常的实践相符合；我们还必须确定，如果我们给这些问题以肯定的回答，使它们具有比上面用过的荒唐例子高得多的价值的是什么。因此，我将考虑一个实际的科学命题，人们普遍认为这一命题具有很高的价值，并始终称之为理论；我将表明，它具有刚才已说明的那种形式结构。因此，我们将看到，至少在一个例子中，我们的定义与通常的用法相符合。

所挑选的理论是气体动力学理论。我们首先将讨论其最简单形式，它仅仅说明了Boyle定律和Gay-Lussac定律。这种说明不必考虑分子间的碰撞，因而可假定分子体积无限小。虽然现在已知该理论的这种形式不正确，但人们将承认，这种形式与其更复杂的现代形式一样，都是理论。我们从最简单的形式开始就将既简化最初的讨论，同时又容许对理论发展的有趣过程的追溯。当涉及理论的发展时，应该说明的是，所追溯的发展将不是实际发生了的过程，而是可能发生了的过程，我将不注意纯历史的考虑。一开始还应提醒一下，对于这一理论，以及一切类似形式的理论，不时有人提出反对意见，这是由那些承认具有某种不同本质的理论的人提出的。以气体动力学理论为例，我不是不理会这些意见，或以任何方式假定，所有科学理论本质上与这例子基本相同；后面我们将讨论这些问题。

那么，让我们试图表述刚才说明过的那种形式的理论。该理论的假说可陈述如下：

（1）有一个单一独立变量 t。

（2）有三个独立于 t 的常量 m，v 和 l。

（3）有 3^n 个相关变量（x_s，y_s，z_s）（$s=1$ 到 n），它们是 t 的连续函数。它们构成一连续三元序列，使得($x_s^2+y_s^2+$

z_s^2）对于 $x^1=ax+by+cz$ 形式的所有线性转换都保持不变。（这后一句子不过是说，[x, y, z]象直角坐标那样相联系；但是，因为任何概念，只要它确实是关于空间的概念，都可能使人产生这样的想法，即[x, y, z]的属性在某种程度上是由实验决定的，所以我避开了这些概念。）

（4）$\frac{d}{dt}(x_s, y_s, z_s)$是常量，除了（$x_s$, y_s, z_s）为0或l之外；当它取0或l为值时，就要改变符号。

（5）$\frac{1}{n}\sum_1^n\left(\frac{dx_s}{dt}\right)^2=v^2$，以及有关$y_s$和$z_s$的类似命题。

其词典包括下列命题：

（1）l是装"理想"气体的立方体容器的边长。

（2）nm是气体的质量，M。

（3）$\frac{1}{a}mv^2$是T，即气体的绝对温度，其中a是将随着对温度的任意选择而改变的某个数。①

（4）设$\Delta m\frac{dx_s}{dt}$为当x_s取值l时$m\frac{dx_s}{dt}$的变化；设$\sum_r\Delta m\frac{dx_s}{dx}$为$\Delta m\frac{dx_s}{dt}$的所有值之和，其中$t$在$t$和$t+r$之间；设

① a的出现需作一点说明。它是一个假设观念还是可测量概念？二者都不是。我们将在讨论温度时考虑其本质，不过这里可简要地说明，为什么这样一个数字出现在词典的这一词条而不是其他词条中。其原因在于，实验表明，pv与T成比例。由于我们将要讨论的各种原因，我们希望，如果改变质量或压力的单位，比例的系数将不改变；而当温度变化时，我们则不反对它的改变。如果我们给该系数一个确定的值，且不再改变它，那么当改变质量和压力的单位时，温度就必然会改变了；我们想避免这种必然性，方法是当改变温度时，同时改变a的值。因此，a的值象任何测量系统中单位的选择一样，纯粹是任意的。

$$(p_a, p_b, p_c) = Lt_n \to \infty,$$

$$r \to \infty \sum_{s=1}^{s=n} \frac{1}{r} \sum_r \Delta m \frac{d(x_s, y_s, z_s)}{dt},$$

那么，pa，pb，pc为立方体容器的三个互相垂直的壁上的压力p_a，p_b，p_c。

可由假设诸命题证明

$$p_a = p_b = p_c = \frac{1}{3l^3} nmv^2。$$

而l^3是V，那气体容积。根据词典解释这一命题，我们发现

$$p_a = p_b = p_c = \frac{T}{V} \cdot \frac{an}{3}$$

这就是Boyle定律和Gay-Lussac定律的表述，因为$\frac{an}{3}$为一常量。

这里以完全与我们最初的例子相似的形式表述了气体动力学理论，现在可以看到，这种形式并不完全是人为的，它有其实际意义。在根据理论说明定律时，我们的确是从假说中实际地导出命题，并根据词典用实验来解释它们。另外，各种变量之间就其与可测量概念的联系而言有着明显的区别。l是根据词典而与一个可测量概念直接相关的，赋予它一个数值只需知道词典就行了，不涉及假说。而另一方面，对于变量或常量n，m，x_s，y_s，z_s，即使借助于假说也不能由实验给出数值，可以确定的只有这些变量的函数而不是各个变量。常量v处于这两个极端之间。

从假说中我们已推出，$v^2 = \frac{3l^3 p_a}{nm}$。这方程的右边可根据词典而由实验给出数值，即$3\frac{vP_a}{M}$，因而$v$也是可求值的。但这种求值完全依赖于对假说命题的接受，离开了那些命题，陈述"v

有一特定数值”不断言任何可由实验证实的东西。

这样就表明，气体动力学理论是我们所说的那种涵义上的一个理论。现在我们要问的是，这种有价值的理论与我们起初那个不足道的例子之间的区别是什么？其区别当然在于，气体动力学理论的假说的诸命题显示了一种类比，而另一理论中相应的命题则没有这一特点。气体动力学理论假说的命题在形式上与描述立方体容器内无数体积无限小的弹性物体的运动的那些定律十分相似。假如我们有了这样一些粒子，其中每个粒子质量为m，在边长为l的容器中占据由坐标（x_s，y_s，z_s）所标示的点，且一开始就处于运动之中，那么，随着对容器内壁的每一次碰撞，粒子的动量都会改变符号。l^2（p_a，p_b，p_c）是容器内壁上动量的变化率，因而是这些内壁所承受的平均力。如此等等，不必将这种类比叙述到其最小细节。m，l，t，x，y，z，…所有这些符号都将标示实际可测量物理概念的数值，它们以上述方式相联系，这将是一个定律；如果实际地测量它们，并将所得数值代入用符号表示的方程，就会满足这些方程。

另外，由假说诸命题所显示的类比提示了词典诸命题。p被称为“压力”，气体P的压力特别与变量p相关，因为在假说与之相似的定律中，p将是容器壁上实际观察到的平均压力。类似的考虑提示我们在nm与气体的总质量、l^3与其容积之间建立联系。在T与mv^2之间所确立的关系的基础相当复杂，我们将在详细讨论作为实际物理学的一部分的气体动力学理论时再作充分地考虑；不过这基础仍在于一种类比。我们可以粗略地说，这种联系的建立是因为，在有关弹性粒子的定律中，mv^2将是这样一个量值，它在容纳这些粒子的容器完全不受外来干扰的情况下将保持不变。就气体而言，在完全孤立状态中，温度是保持不变的。

类比的重要性。这样我们就看到，物理学理论——气体理论

是其一种类型——有两个特点。第一，它们具有上述形式，即由一个假说和一个词典构成；如果它们要成为真理论，它们就必须是这样的，即根据观察实际上被发现为真的那些定律可借助于逻辑推理加上通过词典的翻译而从假说中推演出来。但理论要成为有价值的，就还必须有第二个特点；它还必须显示一种类比。假说诸命题必须与某些已知定律相类似。

这样表述一个理论的形式结构的方式对于大多数读者来说可能不很熟悉，但提出与定律的类比在理论发展中起重要作用并不是什么新东西。对科学原理作系统论述的人丝毫也不会忽视相似性与理论或假说之间的密切联系。然而在我看来，他们中大多数人似乎都严重地误解了这一观点。他们视类比为假说（他们通常用假说指我所谓理论）形成和一般科学进步的“辅助物[aids]”。而按照笔者的观点，类比不是建立理论的“辅助物”；它们是理论的一个完全必要的部分，没有它们，理论就会毫无价值，不成其为理论了。常有人提出，类比导致理论的形成，而一旦理论形成后，类比就完成了其使命，因而可将之去掉并忘却。这种观点是绝对错误的，它会将人们引向危险的歧途。假若物理科学是一门纯逻辑科学，假若其目的在于确立一组完全正确、全都逻辑地相联系且此外没有其他特征的命题，那么这种观点就可能是正确的。一旦确立了理论，并且表明，该理论通过纯逻辑演绎导致被说明规律，那么类比当然可以作为不再有意义的东西而放弃。但假如真的如此，则当初就完全不必引入类比了。任何傻子都会发明一种逻辑上令人满意的理论来说明任何定律，而事实上并没有能够说明金属的电阻随温度而变化的令人满意的物理理论。精心设计前文给出的那个虚构的理论花了我大约一刻钟，我觉得它在形式上与其他物理学理论一样令人满意。如果我们所要求的不过如此，那么我们决不会没有可说明定律的理论；一个小学生一天

的工作就可以解决那些人类为之在最琐碎的试错过程中耗费了多少代人的劳动而未能解决的问题。前文的那个虚构的理论之所以荒唐而完全不值得考虑，是因为它没有显示出任何类比，正是由于在其发展过程中没运用类比方法，它才是毫无价值的。

类比远不是建立理论的工具，而是其最大障碍。找到一个将逻辑地说明定律的理论决不困难，困难在于找到一个将逻辑地说明定律同时又显示所必需的类比的理论。而认为一旦提出了理论，类比就变得不重要了也是不对的。假如人们发现类比是错误的，它就会立即丧失其价值，而对于一个不能正确评价这种类比的人来说，所提出的理论就没有多大价值了。视类比为发明理论的辅助物正象视旋律为谱写奏鸣曲的辅助物一样荒唐。假如满足和声学规律与展开的形式原理就是对音乐的全部要求，那么我们全都可成为伟大的作曲家，正是缺乏旋律感使得我们不能通过购买教科书的简单过程而都获得卓越的音乐成就。

在我看来，把类比看作发现理论的辅助方法这种与常情相悖的观点之所以为人们所相信，其原因在于对于理论本质的错误认识。我刚才说过，类比在假说的形成中具有重要意义，这是一个常识。我还说过，在此范围内，"假说"的名称通常被给予这里称为理论的那些命题(或命题的集合)。这一陈述当然正确，但是，有些作者并没有普遍地认识到，他们所谈论的"假说"是一类独特的命题，特别是，它们完全不同于定律的类，存在着这样一种倾向，即将"假说"仅仅看作还未得到充分证据的定律。

如果这种观点是正确的，那么认为类比对定律的发现仅起辅助作用，且在定律被发现后即别无他用的看法就可能是对的了。因为一旦发现了定律，弄清它是否正确的方法就决不依赖于类比了；如果"假说"是定律，则可通过考察那些被断定为由齐一联系相联结的观察是否具有这种联系来检验其真值，就象检验任何

其他定律的真值一样。根据检验的成败可判定该定律为真或假，类比与此完全无关。如果检验成功了，定律仍为真，即使随后发现提示了该定律的类比为假也无妨；而如果检验失败，则不管类比看起来多么完整、多么令人满意，定律仍为假。

理论不是定律。但理论不是定律；它不能象定律那样被直接实验所证实，且提示理论的方法也不是无关紧要的。因为一个理论的接受常常可以不需进行任何辅助实验，就它基于实验而言，那些实验常常是在理论被提出之前就已完成并为人所知的。在气体动力学理论形成之前，人们已经知道 Boyle 定律和 Gay-Lussac定律；而在人们知道可由该理论导出的任何其他实验定律之前，它已经为人们所接受，或部分地接受。该理论是对科学知识的扩充，它的出现不需要实验知识的增加和新定律的确立；因而它的证明不可能要求新的实验知识。人们认为该理论提供了 Boyle 定律和 Gay-Lussac 定律中所没有的某种有价值的东西，因而接受了它，其原因不是实验上的。人们接受该理论的理由直接依赖于提示了它的那种类比，没有这种类比，接受这一理论的所有理由都将消失。

理论不是定律，这一结论在下面这种情况下最为明显：理论包含不完全由实验决定的假设观念，例如象气体动力学理论的简单形式中的m，n，x，y，z之类观念。因为在这种场合，理论所陈述的东西，即关于各个观念的命题，既不能被实验所证实，也不能被它所否证；它所陈述的不可能是一条定律，因为一切定律总是可以被实验所否证的，尽管它们并不是总能被实验所证实。人们可能会想到，仅仅由于上面作为例子的理论属于这一类型，我们才可能坚持认为，理论不是定律。在另一极端，当词典直接规定所有假设观念“为”可测量概念时，这一结论就远不是那么显而易见了。因为那样的话，人们可就每个假设观念作一陈述，

假如这陈述事实上不是一条定律，它就可以被实验所证实或否证。这种情况只有在一类特殊而又十分重要的理论中才能获得，我将马上讨论这种情况。

需立即作进一步考虑的情形是，词典将某些——不是全部——假设观念的函项与可测量概念联系起来，且这些函项数量之多足以确定所有假设观念。在这种情况下，的确可以就每一个假设观念提出可由实验所证实或否证的命题。这样，在我们的例子中，如果1升气体的容积质量为0.09克，压强为每平方厘米一百万达因，那么根据这种实验知识可以阐明，v等于1.8×10^5厘米/秒。在纯粹实验的基础上可以就假设观念v作出明确的陈述。如果词典提到其他观念的足够多的函项，则也可就这些函项作出类似于此的明确的实验陈述。如果理论可因此而被还原为一系列基于实验的明确陈述，难道人们不应视之为定律，或至少是和定律一样的明确的实验命题吗？

我认为不行。一个或一组命题与另一组与之逻辑地等值并被它们所蕴涵的命题不是一回事。它们可能具有不同的意义。我所谓一个命题的意义是意指（这个词的重复是有用的）人们在对该命题作出断定时所想到的那些观念。一个理论可能在逻辑上等值于一组实验陈述，但它所指的是某种完全不同的东西，重要的并不是其逻辑等值，而是其意义。假若要紧的只是逻辑等值，则前文中那个荒唐的理论就会与任何其他理论同样重要；它是荒唐的，因为除了要说明的定律之外，它不再意指任何东西，不唤起任何观念。仅当一个理论能导致不包含在它给予说明的那些定律中的观念时，这个理论才是有价值的，且在任何对于科学而言重要的含义上是一个理论。导致这些观念的产生与定律的逻辑等值更有价值。人们——至少是科学界的一部分人——常常接受一些理论并予以很高的评价，尽管他们知道，这些理论不完全正确，

也不是严格地等值于任何实验定律，这仅仅因为他们由此而想到的东西是具有内在价值的。只是因为人们对于内在价值的看法不同，这里才必须加进“至少是科学界的部分人”这种限制，因为对于一些人来说有内在价值的观念对于另一些人可能毫无价值。理论与定律的根本区别正在于此。定律的意义仅在于它们所断定的东西。它们断言某些关于外部世界的判断之间具有齐一联系，此外别无其他意义。如果有人证明，在有些场合这些判断不是这样相联结的，则定律所断定的东西就是错误的，而既然该定律除这一错误断言之外不再包含别的东西，则它也就不再有任何价值了。关于这种关系，我们可以取得相同意见，因此也可就定律的价值问题达到一致了。

理论的发展。理论的意义与理论所断定的东西之间的区别对于理解全部物理科学至关重要。正是为了强调这一区别，我们讨论了尽管不是所有假设观念都被词典规定“为”概念，但它们都可由实际所决定的情形。事实上，我认为这种情况从来就没有过，尽管我只有在详尽考察了全部物理学之后才能肯定这一结论。总是（或几乎总是）有这样一些假设观念，有关这些观念的命题不能由实验所证实或否证。理论总是断定、并同时意指某种不能由实验给出解释的东西。不过，实验对一个理论所包含的假设观念的决定作用越充分，这个理论就越令人满意，这是正确的。即使人们不能就这些观念作出任何明确的陈述，它们也是有价值的。当然，如果能作出某些明确陈述，则它们的价值将会更高。这就是说，在我们的例子中，理论是有价值的，尽管我们不能确定m或n；但如果它们能确定，理论就将更有价值。因此，当一个包含这种未定观念的理论被提出且看来是正确的时，人们总是努力尽可能多地确定那些仍保留在其中的未定观念。

正象我们先前已注意到的，给假说或词典增加新命题，以规

定假设观念之间或假设观念与概念之间新的关系，就可以确定假设观念。这一过程与理论的一种非常重要的属性——即它们具有象定律预测事件那样预测定律的能力——有着密切联系，因而需对之加以注意。顺便可以提一下，对定律与事件不加区别，因此而混淆两种完全不同的预测，同样会模糊理论与定律之间的差别。

给假说增加新命题与给词典增加新命题之间有着重要的区别。假说给出理论的实际意义，且包含给理论以价值的类比；词典运用类比，它所包含的命题通常是由类比提示的，但它不为理论增加什么。因此，假说的变化在某种意义上包含了理论实质的变化，使之在某种程度上成为一个新理论；而词典的增加并不包含这种变化。因此，如果一条新定律可通过对词典的简单增加而由理论推出，则该定律就在最充分、最完全的涵义上是由理论所预测的；因为它是对理论的实质不作任何改变而获得的结果。另一方面，如果为了说明或预测某种新定律而需对假说作出改变，这就表明最初的理论并非十分完整和令人满意。因此，通过对词典的增加而说明一条新定律，并确定另一个假设观念，这是对理论非常有力而又令人信服的确认；而一般说来，通过对假说的增加而获得的结果却是不利于理论的最初形式的证据。

修改假说的需要妨碍人们接受一个理论的程度主要取决于修改的性质。如果修改直接发生在假说赖以建立的类比上，则它几乎不是一种修改。因此，在至此已阐述的那种形式的气体理论中，所引进的唯一的动力学命题（更确切地说，唯一的与动学力定律相类似的命题）是：当气体分子与容器壁相碰撞时，其动量符号相反，大小不变。但在动力学系统中，只有当系统是封闭的时，这条件才得以满足；因此，扩充假说以包括有关类似于一个封闭系统的其他定律①的假设观念的任何其他命题是很自然

① 封闭系统的"定律"实际上不是定律，但可暂时这样叫。

的。这种扩充不包含理论的实质性改变，但允许对另外的定律的说明，因而提供支持而不是反对理论的证据。例如，若作出扩充（如果以一种纯粹分析形式表述那些新命题，它们会相当复杂，因而不必浪费篇幅来作这种表述），就可推出容器壁运动对气体行为的影响，并可预测绝热膨胀律。这里不对词典作任何添加，仅仅修改了假说。但如果修改了词典，则假说与封闭系统定律之间的完全类比的建立就可使人们直接得出，$\frac{1}{2}nmv^2$是气体的能量，并可说明所有定律，包括比热——它是由Boyle定律和Guy-Lussac定律加上能量学说以及热量即能量的命题中直接得出的。所有这些观念实质上都包含在最初的理论中，几乎不能说由于对它们的明确阐述而修改了理论。事实上它们似乎在动力学理论的最初形式中就已得到了阐述，尽管它们并不为对 Boyle 定律和Gay-Lussac定律的说明所必需。

然而，进一步的研究表明，需要一种更重要的修改。只要我们现在所考虑的只是理想气体（必须强调指出，在特定范围内，某些气体在实验上是理想的），除压力、体积、温度和热量之外别无其他可测量概念，那么，该理论的最初形式（加上它所蕴涵的一切）就说明了全部实验定律。对这一理论的反对意见仅仅是，常量 m, n, x, y, z 仍未确定。但如果我们试图说明粘性定律与热的传导定律，我们还会遇到新的反对意见。动力学类比直接导致在词典中增添将粘性与假设观念联系起来的词条；因为在实验上，粘性就在于动量由两个相互平行、且相对运动的平面中的一个传向另一个。而在活性粒子系统中，如果粒子的容器的各个边是相对运动的，则也会发生这种动量的传递，关于这种系统的已知定律表明，这种动量传递与粒子的质量、速度以及各边的距离和相对速度之间存在着一种关系，动量的传递是这些量的函数。这就告诉我们，假说中相应变量的类似函数应借助于词典而

与气体的粘性相联系。

现在，我们可以按照气体动力学理论来推论气体的压力、密度、温度与其粘性之间应该具有的那种关系了。所预测的关系与实验确定的关系并不一致；尤其是人们发现，理论的预测是，粘度将由容器的大小和形状来决定，而实验表明，就一种给定气体而言，它仅仅取决于其密度与温度。① 这里，增加词典的词条已导致一条新定律，但这是一条错误的定律。该理论不正确，它需要修改，而这种修改只能借助于假说的变化来完成。所作的修改当然是引进一个新的假设观念，即一个数学常量σ，随后修改联结变量与常量的方程。这样修改过的假说类似于作为有限大小的球体的活性粒子系统的定律。σ 在这些方程中的作用与球体的直径在那些定律中的作用相同。有了这些修改，加之词典中为上述修改所必需的变化，粘度与密度和温度之间由理论所预测的那种关系就变得与实验确立的关系一致了。② 理论又令人满意了。尽管其早期形式应拒斥，我们并不视整个理论为假，因为引进假说中的那些新观念是旧观念的极自然的延伸。如果类比是以活性物体的行为为基础的，那么赋予它们以有限维数是再自然不过了。

导热性与能量传递相联系，正象粘度与动量传递相联系一

---

① 将分子体积忽略不计的理论导致人们熟悉的结果

$$\eta=1/3\rho v\lambda,$$

但λ即平均自由程将是分子在容器壁之间运动的距离，它将取决于分子的大小与形状而不仅仅是气体的性质，正象自由程是在与分子的连续碰撞之间的情况一样。

② 当然，就温度而言，这一陈述并不正确。即使可以获得理论与实验之间在粘性随温度变化方面的一致性，也只有在给予分子某种比球体更为复杂的形式，并引进未接触分子间的力的情况下才可能。这里我并不是要详述动力学理论，而是要以之为例；这种用法不因假定问题比其实情更为简单而受影响。这里要作出的另一些同样不正确的陈述将不特别加以说明。受过教育的读者不需要这种说明，而未受过教育的人则不过会因此而弄糊涂。

样。因此，正象增添引进粘性的词条一样，人们想到在词典中增添引进导热性的词条。因为在提供了假说的类比的活性粒子系统中，能量和动量都会在容器壁之间传递。推论导热性、密度与温度之间的关系不必扩充假说；所预测的关系最后与实验达到一致。这里仅仅扩充词典就预测了一条新定律，理论由此而得以巩固。

尽管作出了这些修改，仍存在着反对意见，即n，m，x，y，z都是未定的；实际上又引进了另一个未定观念σ。然而这并未使事情更糟，因为在最初的理论中，n和m是相关的，确定其中一个也就确定了另一个；而现在我们看到，n，m，σ相关，确定其中一个就同时确定了另外两个。它们是由理论对非理想气体的运用所决定的。引进σ在某种程度上改变了理论就压力、容积与温度间关系所预测的定律；它们不再完全是Boyle定律和Gay-Lussac定律。通过实验人们发现，这些定律事实上并非实际上正确的；通过将实验中发现的误差与由理论所预测的那些量（包括σ）相对比，就确定了n，m，σ与实验所确定的那些量之间的关系。除了那些产生于粘性或导热性的关系之外，这些关系使得上面三个假设观念都被确定。这里，我们有了（或应该有，假如所作陈述为真的话）对理论的最有力的确认；不仅在不修改假说的情况下预测了一条新定律并由实验给之以确认，且由此确定了假说中的未定观念。假若在理论与实践之间再未发现其他不一致之处，那么在将另外的命题引入词典时，理论的完成与最后确定仅仅需要对x，y，z的确定。

但在这种情况下，以及在其他一些类似于此的情况下，有些特殊的考虑使得这些变量的确定不如通常那么重要了。为了完全确定它们，必须知道它们的值以及它们的第一微分系数相对于t的某个值的值；可由此推出它们相对于t的所有其他值的值。但

可以证明，如果仅仅要求确定，当n趋向于无穷大时，这些变量的某个函数的极限是什么，那么知道这些是不必要的。

如果（x，y，z）和$\frac{d}{dt}$（x，y，z）的任何值都与$t=t_0$的值相关，并与$\frac{d}{dt}$（x，y，z）和v（这是由假说所断定的）之间的关系相一致，那么，当T趋向于无穷大时，对于$t=T+t_0$，

$$L_{t\ n}\rightarrow\infty\sum_{1}^{n}f\left(x_s,\ y_s,\ z_s,\ \frac{dx_s}{dt},\ \frac{dy_s}{dt},\ \frac{dz_s}{dt}\right)$$

（其中f是任何函数）的值将趋向于同一极限。① 或者借助于类比来表述这个问题，不管粒子在先前一个无限遥远的时期的位置和速度如何，它们的任何无限集合的属性将保持不变。现在，词典中所有涉及（x，y，z）的命题都采取当n趋向于无穷大时某个函数极限的形式。只要我们可以设想，在进行气体实验时，所要赋予（x，y，z）的值都与一个值t_0相对应，使得对于t在t_0和t_0-T(其中T可能大于任何给定量)之间的一切值，系统状态将保持不变，那么不管假定什么值与t_0-T相对应，理论所预测的定律总会相同。由于各种我们暂且不必考究的原因，我们愿意作出上句话中所包含的那一假定。因此，尽管我们不能确定变量，而通过按照我们的意愿赋予它们任何“初始”值（即在t_0-T时的值），我们却能找到它们在实验条件下的值，我们所能进行的任何实验都无法将这些值与由任何其他初始值的假定而来的值区别开来。换言之，即使我们能够确定变量，可由理论作出的推论也会与由具有假定初始值的理论作出的推论完全相同；这是因为，假如能确定这些值，它们就会与某些初始值相关，而这些初始值

---

① 变量的某些非常特殊的值以及某些特殊函数严格说来不应包含在这一陈述中。

所导致的结果将与那些假定初始值所导致的结果相同。

因此，我们承认确定这些变量的不可能性，因为我们知道，假如能确定它们，那也将与理论完全无关。不过我认为，这会导致某种精神上的轻微不安；我们感到，假如能确定这些变量，理论将会更加令人满意。现在，仅当词典中的命题只引进在 n 无穷大时函数的权限时，确定才是不可能的；如果在词典中增加一个词条，由此引进一个对于 n 的一个有限值的函数，则确定那些变量就将是可能的。近年来，在与所谓Brownian运动现象有关的方面引进了这种词条；不扩充假说，这一词条就导致了对新定律的说明，并使人们可就某些系统而确定变量了。人们感到，理论的重要性因此而得到了增加。这一进步在很大程度上依赖于M. Perrin的工作，他在 *Brownian Motion and Molecular Reality* [《Brown运动与分子实在》]一书中描述了这种情况。他觉得，他的研究使得以前不真实的分子变为真实的了。

关于某些词用法的题外话。读者可能已注意到，直到上面讨论的末尾，我都注意不使用"分子"一词，而它是与动力学理论密切相关的。我们可以说，分子是在类比中与活性粒子相对应的东西。但严格说来，关于分子，假说或词典中都未给出说明。类比告诉我们，我们应称 v 为"分子的平均速度"，(x_s, y_s, z_s) 为分子的"位置"，而 $\frac{d}{dt}(x_s, y_s, z_s)$ 则是分子 s 的"速度"。这样，当我们说分子 s 的速度是如此这般，或说诸分子的平均速度如何如何时，我们就是在对理论所断定的某种东西作出断定，按照该理论，它有一种十分确定的意义；进一步说，既然可通过词典由实验来确定 v，第二个陈述就是在意指某种可借助于观察加以解释并由实验证明为真或假的东西了。而如果我们说，分子 s 有特定速度，我们的陈述同样将有一种清楚而确定的意义，假若它仅仅等值于这样一个陈述的话："分子 s 的速度"是如此这般的。

但必须记住，尽管引号中的那些词在语法上是可分的，而它们构成一个不可分观念。如果我们取出语法上分离的词“分子”和“速度”，并在换一种形式陈述这一命题时允许自己包含这样的意思，即存在着一个具有一种速度的分子，且存在着一种为分子所具有的速度，则虽然这一陈述有可能正确，但我们却是在意指某种完全外在于理论的东西了。如果我们说“存在着分子”，我们还会陷入更大的困难，因为类比容许“存在着活性粒子”这样的陈述，并暗示，这两个陈述属于同一类型，它们得到相似证据的支持。后一陈述断定了一种齐一联系，它是一条定律，并定义了一个系统的属性。前者不是假说诸命题之一，给它以任何确切的意义都是困难的。它是不是陈述了任何一种齐一联系呢？我看不出它陈述了什么形式的联系，除非仅仅是：$\frac{dx}{dt}$是x_s的微分系数，而不是别的某个x的微分系数，或者，（x_s，y_s，z_s）是一个三元序列中的单一名词。而这些并非十分重要的命题，或者，换一种说法也许更确切：它们是重要的，因而不可避免地被包含于全部数学符号的意义之中。在这两种场合，这些命题都不需要或不容许有单独表述。

我决不是主张，我们根本不应作出“存在着分子”这一陈述。它是使我们想到气体动力学理论的全部断言与涵义的一种非常有效而简单的方法。然而，它具有这种功能不过是由于我们完全了解那一理论并对之相当熟悉的缘故。对于任何不熟悉该理论的人而言，它不会唤起我们使它与之相联系的那些观念；这样的人在努力寻求这一短句的特定意义时几乎肯定会找到一种完全错误的意义。如果有这样一个人，他认为科学不应被外行所误解这一问题还稍微有一点点重要，而试图从事使这些人免于极大错误的无望工作，那么他在使用这一短句时将会小心翼翼。不过他将非

常乐观，因为无论我们多么注意陈述的形式，关于语法形式与逻辑内容之间关系的错觉对他来说也许是太大了。

与理论相联系的另一个值得注意的词在上节末尾已有意给出了。在那里我说，对于Brown运动的研究已证实了分子的"实在性[reality]"。

注意"实在"一词的这种用法颇为重要。没有什么词比它引起的思想混乱更大、无益争论更多了，而在这里的使用中，我将给它一种非常清楚明确的意义。当具有科学头脑的人说，某物是实在的[real]，某事确实[really]发生了，或者关于一个问题的实际真理[real truth]是如此这般时，它们常涉及一个已被证实为真的理论。是实在的的那个某物是该理论的假说之一概念，①一个事件确实发生了，假如断定该事件发生的命题类似于按照定律（它们为假说提供类比）就这一事件所作的断言的话，而关于一个问题的实际真理就是说明这问题的那个理论。要证明这一陈述而不收集并分析科学中使用"实在"一词的无数例子是困难的。那将是一件十分有趣却又相当累赘的工作。较好的办法也许是，在下面，只要是自然地出现"实在"一词的地方，我们就使用它，并在有些时候暂时中断论证而表明，它们的用法的涵义如刚才所述。

最后，注意另一个易发生歧义的词将是恰当的。人们常用"原因"一词来标示理论与它所说明的定律间的联系。因此，可以说，分子对容器壁的碰撞是它们承受的压力的"原因"。

"原因"一词的这种用法引起了大量混乱，因为在那些相信定律断定因果联系的人之中，它必然导致这样的错误，即认为由这种理论所断定的是定律。的确，理论断定了碰撞与压力间某种

---

① 陈述"某物是……"应以上面讨论分子的方式加以解释。

齐一性，但必须小心地对这种联系与关于定律的那一章中所讨论的联系加以区别；齐一性不是某种通过对外部世界的直接判断而观察到并被决定的东西；它是理智过程的结论，是内在判断力的某种特征。可以运用普遍同意的方法进行检验。许多人实际上已宣称，他们不相信气体动力学理论，不相信碰撞与压力间的齐一联系；而那些相信这一点的人又无法改变他们的看法，或者表明他们的确相信它。因为决定行动的将总是关于理论所说明的定律的信念，而不是关于说明这些定律的理论的信念。

但“原因”在这种涵义上的用法有时与原因可由定律断定这种涵义上的用法直接相关。因为在为气体理论提供类比的物质活性粒子系统中，粒子的碰撞将是压力的原因，至少在一种心理学涵义上是这样；无论如何，这二者之间存在着一种具有定律特征的齐一联系，而如果我们能接受定律总是断定因与果的观点，则粒子的碰撞就是压力的原因。但在别的场合，这种联系并非如此直接，因而我们的意思不过是，被视为原因的那些观念包含在理论的假说之中，这些理论说明了结果为其一概念的那些定律；事实上，因果关系几乎恰好就是假设观念与词典概念的关系。再换一种场合，我们的意思仅仅是，被规定为因与果的那些概念由同一个理论得到说明。例如，人们说，银的高度反射力是其高导电性的结果，而当人们用它来意指更多的东西时，两种属性则不过是相关联罢了。

分析人们偶尔使用原因与结果的全部涵义太麻烦了，也无此必要；只要我们认识到，它们是在不同的涵义上被使用的，且其中有一种涵义是指一种完全不同于由定律所断定的联系的理论联系，我们就不会陷入谬误。

曹秋华　译

王小光　校

作为部分解释形式系统的理论*

Rudolf Carnap

物理学演算及其解释

几何的描述方法能运用于物理学的任何其他部分：我们可以先构造一个演算，再规定在语义规则形式中意指的解释，产生作为有事实内容的解释系统的物理理论。物理学演算的通常表达是要假定以一个逻辑-数学演算为其基础，例如，采取上面（§18）讨论过的任何一种形式的一个实数演算为基础。对这个基本演算，要加上所说的物理学演算的特定原始记号和公理，即特定原始语句。

这样，就可以构造一个例如质点力学的演算。一些谓词和函子（即用于函项的记号）用作特殊的原始记号，力学的基本定律则用作公理。然后规定语义规则，指明原始记号标记着诸如物质粒子的类、粒子x在t时刻的三个空间坐标、粒子x的质量、在时刻t作用于粒子x上或作用于空间点s上的一类力。（我们将在下文（第24节）看到，解释也可以间接给出，即通过语义规则，不是对原始记号而是对演算的某些被定义的记号给出。如果语义规则只涉及可观察属性的话，那就必须选择这种程序。）通过解释，力

---

* 译自R.Carnap:"Foundations of Logic and Mathematics"[逻辑与数学的基础]第23至第25节（pp59—69）。Vol.I, No. 3 of *International Encyclopaedia of Unified Science*[«国际统一科学百科全书»] Chicago: University of Chicago Press, 1939.——译注

学演算的定理变成物理学定律，即描述事件的特定状态的全称陈述；它们构成具有可由观察加以检验的事实内容的理论，即物理力学。这种理论和力学演算的关系完全类似于物理几何和数学几何的关系。对理论物理和实验物理的通常划分，大体对应于演算与有解释系统之间的区分。理论物理学的主要工作是构造演算并在其中进行演绎；这本质上是数学工作。在实验物理学中，则要作出解释并通过实验检验理论。

为了举例说明如何借物理学演算之助而进行演绎，我们要讨论一个可以解释为热膨胀理论的演算。属于原始记号的有谓词"Sol"和"Fe"以及函子"lg"，"te"，和"th"。公理中会有A_1和A_2。(这里，x、β和有下标的字母是实数变元；与前例不同，这里的标号不含解释，而是象在代数中那样使用并用作函子的自变量。)

A_1. 对每一个x，t_1，t_2，l_1，l_2，T_1，T_2，β[如果[x是一个Sol 且$\mathrm{lg}(x,t_1)=l_1$并且$\mathrm{lg}(x,t_2)=l_2$ 且 $\mathrm{te}(x,l_1)=T_1$ 且$\mathrm{te}(x,t_2)=T_2$且$\mathrm{th}(x)=\beta$]那么$l_2=l_1\times[1+\beta\times(T_2-T_1)]$]。

A_2. 对每一个x，如果[x是一个Sol且x是一个Fe]那么$\mathrm{th}(x)=0.000012$。

间坐标示1938年8月17日上午10时之后以秒计的时间点。

现在我们分析这个演算中的推导的一个实例。推导D_2，按照前述规则解释，就是从給出观察结果的前提演绎出一个断言。然而，推导D_2的构造却完全不依赖于任何解释。它只运用演算规则，即只运用前边说过的为其基础的那种物理演算以及作为基本演算的实数演算的规则。可是我们已讨论过而未写出类似的推导D_1，却只运用了数学演算。因此所用的物理定律在D_1中必须用作前提。但是在这里的D_2中，它们属于演算的公理之列（如[6]和[10]中出现的A_1和A_2)。任何公理或物理演算所证明的定理都可以用于该演算的任何推导之中，而不必属于推导的前提。这正如把一个证明了的定理用于逻辑-数学演算的推导中一样。例如，§19有一个推导的一个实例中的语句(7)，和D_1（§19)中的语句，—— 它们在D_2中称为(7)和(13)。所以在D_2中作为前提出现的只是单称语句（不含变项)。（前提与公理间的区分见§19末尾的说明。

推导D_2：

前提
1. c是一个Sol.
2. c是一个Fe.
3. te$(c,0)=300$.
4. te$(c,600)=350$.
5. lg$(c,\ 0)=1,000$.

公理A_1 6. 对每一个$x,t_1,t_2,l_1,l_2,T_1,T_2,\beta$[如果[$x$是一个Sol且lg$(x,t_1)=l_1$且Lg$(x,t_2)=l_2$且te$(x,t_1)=T_1$且te$(x,t_2$$=T_2$且th$(x)=\beta$]那么$l_2=l_1\times(1+\beta\times(T_2-T_1))$]

已证数学定理：

7. 对每一个l_1,l_2,T_1,T_2,β[$l_2-l_1=l_1\times\beta\times(T_2-T_1)$当且仅当$l_2=l_1\times(1+\beta\times(T_2-T_1))$]。

(6)(7) 8. 对每一个x，t$_1$，…(同[6]…[如果[…]那么l_2-l_1

$=l_1\times\beta\times(T_2-T_1)$]。

(1)(3)(4)(8)　9. 对每一个l_1，l_2，β[如果[$th(c)=\beta$且$lg(c,0)=l_1$且$lg(c,600)=l_2$]那么$l_2-l_1=l_1\times\beta\times(350-300)$]。

公理$A_2$10. 对每一个x，如果[x是一个Sol且x是一个Fe]那么$th(x)=0.000012$.

(1)(2)(10)　11. $th(c)=0.000012$

(9)(11)(5)　12. 对每一个l_1，l_2[如果[$lg(c,0)=l_1$且$lg(c,600)=l_2$]那么$l_2-l_1=1000\times0.000012\times(350-300)$].

已证数学定理：

13. $1000\times0.000012\times(350-300)=0.6$

(12)(13)结论14. $lg(c,600)-lg(c,0)=0.6$

在前边已给出解释的基础上，这里的前提是关于物体c的单称语句。他们说c是铁质固态物体，c的温度上午10时为300°*abs.*，10时10分为350°*abs.*，c的长度10时为1,000cm。结论是说c从10时到10时10分长度增加0.6厘米。让我们假设我们的测量已经确认了前提。那么推导产生出作为预见的结论，它会由另外的测量来检验。

任何物理理论，从而全部物理学都能以这种方式展现为有解释系统的形式，由一个的特殊的演算（公理系统）以及对它进行解释的语义规则系统所构成，公理系统隐涵地、或直接地建立在带有通常解释的逻辑-数学演算上。当然，把同一个方法应用于科学的任何其他分支在逻辑上也是可能的。但实际上它们多数目前尚未发展到可作出这种严格表征形式的程度。Woodger(Vol. I,No.10)做了一个有趣而成功的尝试，他把生物学的某些部分，特别是遗传学加以公理化。我们能够指望不久就可接受这种方法的其他科学领域，大概有化学、经济学和心理学的某些基本部分以及社会科学。

在物理学演算中，数学定理和物理定理，即c-真公式，是同等对待的。但是物理理论中相应的数学命题为一方，物理命题——即带有通常解释的系统——为另一方，二者间有一个根本区别，它常被忽视。物理定理往往被误认为具有和数学定理同样的性质，这或许归因于几个因素，其中之一即它们含有数学符号和数字表达，而且常常把它们用数学方程的形式加以不完全表述（例如，A_1简单地采取出现在它之中的最后一个等式的形式）。数学命题可以只含逻辑符号，例如，"对每一个$m,n,m+n=n+m$"，或者，如果这个数学演算被用在描述系统中的话，还包含描述符号。在后一种情况下，虽然该命题所含的符号不属于数学演算，但命题在这一演算中或许仍可证明，例如，$\lg(c)+\lg(d)=\lg(d)+\lg(x)$（与前边一样，$\lg$标示长度）。物理命题总是包含描述符号，否则它无法有事实内容；此外，它通常还含有逻辑符号。因此有解释系统的数学定理和物理定理的区别并非依赖于出现符号的种类，而是依赖于定理的真理种类。数学定理即使包含描述符号，它的真也不依赖任何与这些符号的被标示物有关的事实。我们只要知道语义规则，就可以决定其真值；所以它是L真（在刚提过的定理的例子中，我们无需知道物体c的长度）。另一方面，物理定律的真依赖于所含描述符号的标示物的性质。为了决定其真值，我们必须进行与这些被标示物有关的观察；仅有语义规则的知识是不够的。（在A_2的情况下，例如，我们就不得不就固态铁质物体进行实验。）所以，与数学定理截然不同，物理定律有事实内容。

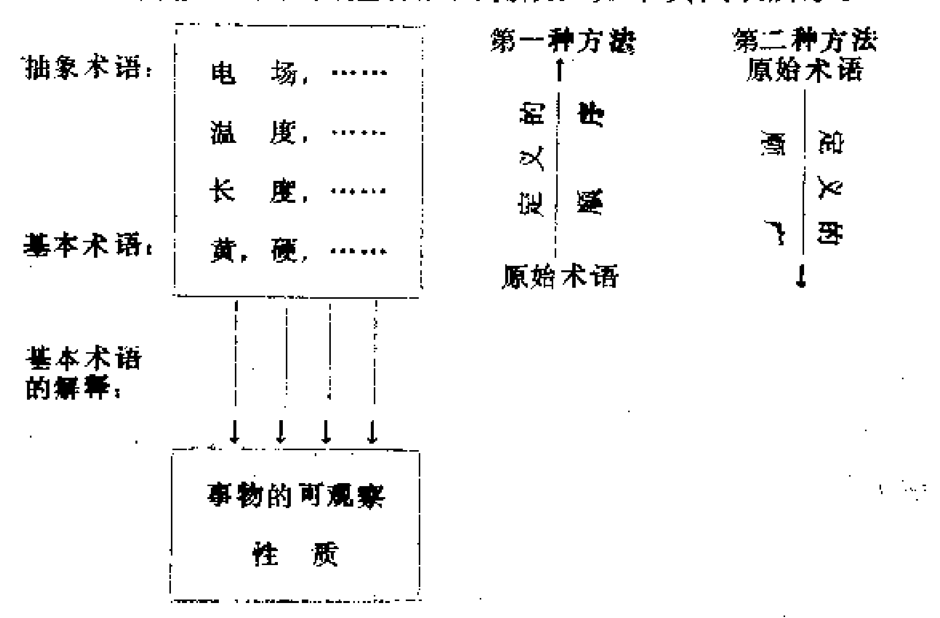
基本术语与抽象术语

我们在物理概念中——同样，在整个经验科学的概念中——

发现有不同的抽象性。就我们能以更为直接的方式将一些概念在观察的基础上应用于具体情况来说，它们比另一些概念更为基本。而另一些概念则更为抽象，为了弄清它们在某个具体场合是否成立，我们必须展开一个更复杂的程序，而这一程序最终也要依赖于观察。在较为基本的概念和高度抽象的概念之间有许多中间层次。我们并不试图对"抽象性程度"给出明确的定义，它所意指的东西通过下列各组概念（从基本概念到抽象概念）将会变得足够清楚：明，暗，红，蓝，暖，冷，酸，甜，硬，软（这第一组的所有概念却用来指事物的性质，而非感觉材料）；重合；长度；时间长度；质量，速度，加速度，密度，压力；温度，热量；电荷，电流，电场；电势，电阻，导电系数，振荡频率；波函数。

假设我们打算构造一个有解释物理学系统——或整个科学的有解释系统。我们将先规定一个演算。然后我们必须对特殊记号，也即对物理学术语指明SD种的语义规则（预先假设SL-规则为对逻辑-数学基本演算给出通常解释）。由于物理术语形成一个系统，也即彼此相互联系，因而很明显我们无需对它们中每一个都指明语义规则。那么我们必须对哪些术语给出规则呢？基本术语还是抽象术语？当然，我们可对任何术语，不管其抽象程度如何，都指明规则，其形式为"术语 te 标示温度"，其中所用的无语言，包含一个相应的表达式（在这里就是温度这个词）来专指所说的术语的被标示物。但是就我们要对物理学系统做句法和语义上的描述来说，假设我们心里有以下目标：对系统的描述将教会门外汉来理解它，使他能够将这描述应用于观察，以获得解释和预见。门外汉是指这样的人，他不懂物理学，但有正常的感觉，并且懂得一种可以描述事物的可观察性质的语言（如日常非科技英语的一个适当部分）。如"符号P标示具有蓝色这一性质"这样的一个规则将适合于上述目标；而"符号Q标示带电荷性质"

这一规则就不适合上述目标。为了达到目标，我们必须只就基本术语给出语义规则，使之联系于事物的可观察性质。为了进一步的讨论，我们假定系统由这种规则构成，如下页图表所示。



现在让我们回到演算的构造上来。我们首先必须决定从术语系列的哪一端开始构造。我们应把基本术语还是抽象术语用作原始记号？有关对基本术语规定语义规则的决定并不决定这个问题。两种程序都是可能的，且看来都有些理由——依所采取的观点而定。第一种方法以基本术语为原始记号，然后在这基础上一步步引入更多的术语，直到最高度抽象的术语。在展开这个程序时，我们发现并不总是能够用显定义的形式引入更多的术语；还必须使用条件定义（所谓还原句[Vol.I, No.so]）。它们为更抽象的术语提供一种检验方法，即通过诉诸抽象程度稍次的术语来查明该抽象术语是否能应用于特殊情况的程序。第一种方法的优点是能够清楚地展现系统与观察之间的联系，并易于验证一个给定术语是否以及如何建立在经验之上。然而，当我们把注意力从系统的术语和经验确认的方法转到系统的定律，即转到普遍定

理上来时，我们获得不同的看法。能否用基本术语系统地阐明所有物理学定律，而只把抽象术语作为缩写而接受？如果能，那么我们对科学就应该持有感觉论形式的理想，就象Goethe在其针对Newton的论战中所坚持的以及有些实证主义者仿佛在他们心里所有的那种东西。但是已经表明——这是经验事实而不是逻辑必然性——不可能以这种方式到达一个强有力的和灵验的定律系统。历史地来看，无疑，科学始于低抽象水平术语中所表达的定律。但对任何这样的定律，人们几乎总是在后来发现一些例外，从而不得不把它限制在更窄的有效范围中。物理学家所把握的术语的抽象程度越高，他们越能成功地表达应用于广泛现象界的定律。因此我们知道他们更倾向于选择第二种方法。这种方法可以说是始于系统的顶端，然后降到越来越低的层次。它以少数抽象术语作为原始记号，并以少数具有极大普遍性的定律作为公理。然后由定义引入更多的、越来越不抽象的术语直到到达最终基本术语；而这样看来显定义是合乎时宜的。含有不很抽象的术语的更为特殊的定律，要在公理基础上加以证明。这至少是物理学家们一直在努力取得突出的成就的方向，尤其在最近几十年里是如此。但是现在，这个方法还没有以前述的纯粹形式加以贯彻。对许多不那么抽象的术语来说，人们仍然不知道一个基于抽象术语的定义、所以那些术语也得用作原始术语。而许多更为特殊的定律，尤其是生物学领域的定律，尚不能在仅由抽象术语构成的定律基础上得到证明；因此那些定律也要用作公理。

现在，让我们来考察一下，如果选择构造演算的第一种方法或第二种方法，解释的结果将会怎样。在两种情况下，语义规则都涉及基本记号。在第一种方法中，这些记号用作原始记号。所以，语义规则对这些记号，以及对在这些记号基础上明确定义出来的那些记号给出完全的解释。然而，有许多记号，尤其是较高

抽象程度的记号，却无法由显定义引入，而只能由条件定义引入。规则对于这些记号所给出的解释，在某种意义上说是不完全的。这不是由于语义规则的缺陷，而是由于引入这些记号的方法；这种方法并不是任意的，相反，它对应于我们通过观察实际上获得物理状态的知识的方式。

另一方面，如果根据第二种方法——科学物理学中用过的方法，采用抽象术语作为原始术语，那么语义规则就没有任何对于系统原始术语的直接关系，而只涉及由定义的长链所引入的术语。可以说，演算先在空中构造出来，这个结构开始于顶端，然后再加上越来越低的那些层次。最后，通过语义规则，最低一层就固定在可观察事实的坚实大地上。各个定律，无论一般的或特殊的，都不是直接被解释的，而只是单称语句。对更抽象的术语，语义规则只决定其间接解释，这种解释在这里也和在第一种方法中一样，是某种意义上不完全的解释。假设在A的基础上定义了B，这时，如果A是直接解释的，那么B——尽管是非直接的——仍得到完全的解释；然而，如果B是直接解释的，那么A就必然得到完全解释（除非A也可由B定义）。

例如，让我们想像一个物理学演算，它是根据第二种方法，在"电磁场""引力场""电子""质子"等原始特殊记号的基础上构造出来的。随后这个定义的系统将导向基本术语，例如把Fe定义为一类粒子的形态在其中满足某些条件的域，把Na-黄定义为一类电磁场的瞬态分布在其中满足某些条件的空时域。然后规定语义规则指明Fe标示铁而Na-黄标示一种特殊的黄色（如果"铁"还不够基本，因而不可接受，那么可对更基本的术语指明语义规则。）通过这种方式，演算与自然界联结起来——它正是要应用于自然界，而这种联结，正是为了远离原始术语的属于演算的那些术语而做。

在这些讨论的基础上，让我们来考察一下推导D_2（§23）这个例子。D_2的前提和结论是单称语句，但大部分其他语句不是。所以这种推导的前提和结论，如同所有其他同类型的推导的前提和结论一样，可以直接解释，理解，并同观察结果加以对照。对一个推导的实际应用来说，如果把经过解释的前提与观察加以对照，发现确认为真的话，我们就当作预见而接受这个结论，并可能以它为基础来做决定。在推导的前提和结论之间出现的语句也得到了解释，至少是间接解释。但是我们不需要为了能构造和应用一个推导而使这种解释成为显解释。就推导的构造来说，全部必要的东西无非是演算的形式规则。这是形式化方法，即把作为形式系统的演算与其解释分开来的方法的优点。如果人们要认可某一给定推导的形式的正确性，他们可以把所有关于材料问题或解释问题的不同意见置之一旁。他们只要考察一下给定公式系列是否满足演算的形式规则就行了。这里再一次清楚表明，演算在经验科学中的作用表现为我们所知道和所假定的东西的表达式的转换工具。

针对这样的观点——我们为了应用物理演算只需要解释单称语句——有可能提出以下反驳。在我们接受一个推导并相信其结论之前，我们必定已经接受提供这个推导的物理学演算，而在我们没有对一个物理演算的公理进行解释和理解的情况下，怎样决定是否接受该物理演算？无疑，为了使关于给定物理演算的可应用性的判断得以通过，我们必须以某种方式把它和观察加以比较，而为此就必须有个解释。但是我们完全不需要给公理以显解释，甚至对定理也不需要这样的解释。在带有解释规则的演算的形式中所给出的物理理论，其验证并不是这么做出的：通过解释和理解公理，然后在我们已有的事实知识基础上考虑他们是否真。宁可说，它是通过和前边说明过的为了获得预见的同样程序

进行的。我们在演算之中构造这样的推导：它具有作为描述观察结果的单称语句的前提，并以可通过观察检验的单称语句为结论。如果越来越多的这些预见被观察确认并且无一例外，那么物理理论也就达到越来越高度的间接确认度。只有包含基本术语的单称语句可以直接检验；因而我们只需要这些语句的显解释。

物理学中的"理解"

物理学近几个世纪的发展，特别是近几十年的发展，已经越来越导致构造、检验和应用物理理论中一种我们称之为形式化的方法，那就是：构造附以解释的演算。正是知识的进步和主题的特殊结构，提示了这一不断增长的形式化并使之在实践上成为可能。其结果是越来越有可能放弃对抽象术语、以及借助它们而阐述的公理与定理的"直觉理解"。人们长期没有认识到放弃寻求这种理解的可能性，甚至没有认识到有这种必要性。当物理学家提出例如电磁理论中麦克斯韦方程组这样的抽象的、非直觉的公式以作为新的公理时，他们通过构造"模型"尽量使它们"含直觉"，这"模型"就是通过与已知宏观过程——可见物的运动——的类比，再现电磁微观过程。沿着这个方向做了许多努力，但是没有满意的结果。重要的是要认识到，发现一个模型无非有美学的或经验教训的或至多助发现的价值，它对于成功地应用一个物理理论来说并不重要。当发展导致了广义相对论和涉及波函数的量子力学的时候，对公理进行直觉理解的要求越来越无法满足。许多人，包括物理学家在内，对此感到遗憾和失望。一些人，特别是哲学家们，走得如此之远，以至于主张，鉴于这些现代理论是不可能直觉地理解的，因此它们根本不是关于自然的理论，而"仅仅是形式化结构"，"仅仅是演算"。但是这是对物理理论功能的一个根

术误解。不错，一个理论绝不能"仅仅是演算"，而必须拥有解释，在这基础上它能应用于自然界的各个事实。但是正如我们看到的，只对基本术语做出显解释就够了，而其他术语的解释由演算中把它们与基本术语联系起来的公式间接决定，不管这些公式是定义还是定律。如果我们要求现代物理学家回答这个问题，即在他的演算中符号ψ究竟意指什么，并惊奇地发现他给不出回答，那么我们应该明白在经典物理学中就已有着同样情形。物理学家在那里就无法告诉我们麦克斯韦方程组中符号E意指什么。或许勉强作回答，他会告诉我们那个E标示电场矢量。毫无疑问，这个陈述具有语义规则的形式，但它一点也不能帮助我们理解那个理论。它只是简单地从符号演算中的一个符号指称到语词演算中对应的一个语词表达式而已。我们要求E的解释是正当的，但它将由指称基本记号的语义规则，连同那些把基本记号和E联系起来的公式一起间接给出。这个解释使我们运用包含E的定律来推导预见。因此，如果"理解"一个表达、一个语句、或一个理论意味着能够用它描述已知事实或预见新的事实，那么我们理解E。"直觉理解"，或者直接把E翻译为指称可观察性质的术语，既不必要也不可能。现代物理学家的情况没有什么根本不同。他知道怎样在演算中使用ψ，以便推导出我们可用观察加以检验的预见。(如果这些预见具有概率陈述的形式，那么它们由观察的统计结果检验。)所以，尽管物理学家无法给予我们关于符号ψ的日常语言翻译，但他却理解它，理解量子力学的定律。他拥有的这种理解本身在知识和科学领域中就是根本性的。

杨敌斯　译

曹秋华　校

经验科学中的模型*

R.B.Braithwaite

任何科学，一旦超出了将可观察性质与关系加以分类并建立关于这些可观察概念的经验地可检验的概括这些相互联结的阶段，便总是试图表明这些概括是更一般的假说的逻辑推论，以此来对它们加以说明。一个科学理论是一个演绎系统，它由某些顶部的初始假说和底部的经验地可检验的概括组成。要明确地显示一个理论的演绎结构，可以把理论表述为一个形式的公理系统或演算，它由一个语句（或公式）序列组成，其中初始假说用叫作公理的语句来表示，而从这些假说中演绎出来的语句则用演算的定理来表示。演算也许还有表达理论的基本逻辑的逻辑命题或数学命题的公理：这种公理在此与我们无关。演算的推导规则与理论的基本逻辑的演绎原则一致。一个由演算表述的理论叫作形式化理论。如果理论不是由一个完整的演算，而是由一个演算中规定那些并非一目了然的演绎步骤的部分来表述的，这个理论就叫作准形式化理论[semi-formalized theory]。

在心理学和社会科学中，"模型"一词常常只被用作形式化或准形式化理论的同义词。例如，Richard Stone在这次会议第八组上介绍的*Three Models of Economic Growth*［《经济增长的

---

*本文译自*Logic, Methodology and the Philosophy of Science (Proceedings of the 1960 International Congress)*［《科学的逻辑，方法论和哲学（1960年国际会议记录汇编）》］(eds.)E. Nagel, et, al, Stanford University Press, 1962, pp. 224--231. ——译注

三个模型》]实际上是说明经济增长现象的三个可供选择的理论，它们用数学方式来表述以便演绎时可以采用数学方法。又如，R. R. Bush和F. Mosteller把详述他们的统计知识理论的书冠之以*Stochastic Models for Learning*[《知识的随机模型》]。我想，社会科学家们之所以倾向于用"模型"这个词来描述那些实际上是形式化或准形式化理论的东西，不外乎三条理由：

1. 理论看来是这么小，只包含了这么少的演绎步骤，或者其论域的主题如此有限，以至于"理论"这个词用于它似乎是过大了。

2. 哪怕是准形式化的理论在社会科学(除了经济学)中都如此少见，以至于为了强调已经明确地，至少是部分地表述了理论的演绎系统，可以适当地用一个特别的名词。

3. "模型"这个词可以被用来代替"理论"以表明理论只可望近似地有效或对理论的运用取决于各种简化假定。一个其假说和由之推出的结论都被认为是只有在假定其余情况均不变的条件下才能成立的系统尤其可以被称为模型，以便表明一些会使这种合格性成为不必然的条件是未知的。

在我看来，这些都不是拒绝把一个科学演绎系统称为理论的好的理由，哪怕它只对一个"孤立的"领域成立并且只是一个微不足道的理论。用拉丁语或西班牙语的昵称，把它叫作theoruncula[理论]或(亲切地)叫作theorita[理论]，似乎比把它叫作模型更好。总之，用"模型"这个词而不是用"理论"，并没有提出特属于模型观念的那些问题。

只有在把理论与其模型区别开来的意义上使用"模型"时，这些问题才能出现。二者这种区别的意义我想是这样，一个理论*T*的模型是另一个在演绎结构上与*T*一致的理论*M*。所谓*M*和*T*之间演绎结构的一致是指在*T*的概念和*M*的概念之间存在有一一对

应的关系，它又导致了在T的命题和M的命题之间的一一对应关系，使得如果T的一个命题是逻辑地从T的一组命题中得出的，则T的第一个命题在M中的对应命题也可从T的那组命题在M中的对应命题中逻辑地得出。

既然T的演绎结构在M中反映出来，表述T的演算也就可以被解释为表述了M；一个理论和它的模型均可由同一个演算表述。这样，要给出理论的模型的另一种等价的诠释，就可以说，模型是理论的演算的另一种解释。应当注意的是，解释不必由真命题组成；它不必是Alonzo Church所谓正当解释。模型的初始命题与理论的初始假说相对应，它们不必是或被看作是真的，所有的要求只是，模型的其他命题必须是它们的集合的逻辑推论。科学家们经常使用完全是想象的模型，19世纪给光学理论建立的力学模型论及无论是在天上还是在地下都从未发现的流体。数理逻辑家们用“模型”这个词来表示一个演算的解释，他们把它限定为一个正当的解释，而且常常限于一个仅仅使用逻辑概念的正当解释。对于他们需要概念的目的而言，这完全是合理的，但对科学哲学来说，则限制得过死了。结果，范畴性[Catogoricalness]等等要求，在数理逻辑家们对模型的关切中起了这样重要的作用，却与科学家们观念中的模型几乎没有什么关系。

有时，一个自动计算装置的工作也被看作模拟[modelling]了科学理论。当计算机的工作原理与这种模拟无关时，计算机仅仅被作为“黑箱”使用，它提供的输出被当成输入的逻辑推论。在这里，如果理论的演绎机构已经并入了机器的运行，那么机器实际上就是在进行表达理论的演算，公理就是输入，而形式公理系统的各个定理就是输出。所以，机器的工作更有理由看成是相当于演算本身，而不是相当于作为一个理论的演算的解释。Bush和 Mosteller 的“静电鼠”[stat-rat]是这样一种装置，它使

用了能够应用Monte Carlo方法的计算机，用(其中包括)概率-参数来为它编程序，而他们的知识理论把这种概率-参数赋与一只假想的老鼠。输出被解释为关于老鼠的长期的或统计的行为的命题。然而，静电鼠本身与之一致的是Bush-Mosteller的形式公理系统，而不是用这种系统表述出来的理论，尽管这些理论将说明老鼠的行为。

但是，当计算机的工作原理是它的模拟功能的一部分时，计算机的物理过程就不应被看作提供了科学理论的演绎步骤，而应看成以时间顺序模仿了作为理论主题的那个论域中的过程。例如，当一个(二进制的)数字计算机被用来模拟大脑的工作时，计算机的开关操作对应于大脑突触的"激活"。严格说来，在例如钟表发条是机车头的模型这种通俗的意义上，作为一种硬件的计算机也是大脑的模型：我的意思是，大脑功能理论的模型将是计算机的内部功能理论，它将包括把其中在某时发生的事件与稍后发生的事件联系起来的命题，正好对应于关于大脑中事件的时间关系的假说。

现在，让我们转到关于科学理论的模型的最吸引人的问题上来：为什么在科学思考之中一定要用到模型？

如果出现在理论的初始假说中的非逻辑概念都是可观察性质或关系，就没有任何理由为理论发明一个模型，除非或是想建立理论的逻辑连惯性，这一点找出它的演算的正当解释可以做到，或纯粹是为了教诲的目的。人们会发现，在一个解说性模型中来辨别理论的演绎结构是比较容易的，正象我们许多人发现在考虑类间的逻辑关系时特定的图表是有用的一样。然而通常，而且在所有有趣的情况下，理论的初始假说会含有非纯逻辑的，而本身又不是可观察的概念(称为理论概念)；例如象电子，Schrödinger波函数，基因，自我观念。科学哲学的一个基本问题就是应

当怎样理解这些理论概念。以 N. R. Campbell 为最杰出代表的一个学派坚持认为，理解这些概念，进而理解科学理论的说明性假说的唯一途径，就是用这样一个模型来表达理论，它的演绎排列与理论的演绎排列一致，但有关的所有概念都是熟知概念。(Ca-mpbell将同时要求模型的命题应是事实上为真的命题。)

必须是熟知概念，但不必是可观察性质或关系。模型论者[modellists]（我将这样称他们）认为必要的只是，理论的理论概念在模型中的对应项应是被理解了的，而它们也许是作为一个先前已被理解了的更简单的理论的理论名词而被理解的。试图通过为电磁理论构造一个力学模型来理解它并不依赖于假定诸如动能、势能、作用等等所有有关力学概念是可观察的，只要把它们用作理论概念的力学理论已经事先被理解因而它的概念都是熟知的就行了。模型论者的科学说明学说是一个分级学说。理论T_1要通过为它构造一个模型而被理解，模型的所有概念都是可观察的；而后，理论T_2则通过用理论T_1的概念为它构造一个模型而被理解，如此等等。

说由对模型的理解得到的对理论及其理论概念的理解在某些方面比仅仅基于理论自身所能提供的理解要充分，这在模型论者看来也还不够。他会说，模型在某种程度上是预言性的，而理论自身却不是，即模型会引出理论本身不能提供的关于可观察性质的新的概括。这些新的概括将是经验地可检验的，即是说，它们可以用来作出新的预测。因此，模型化了的理论[modelled theory]比之理论自身来将是更强的理论。在转入更一般的理解问题之前，我将先讨论这一论题。

设旧理论试图说明的概括（旧概括）中的有关的可观察性质为$A_1, A_2, \cdots A_n$。设$B_1, B_2, \cdots B_n$为作为它们的在模型中的对应项的熟知性质。设$L_1, L_2, \cdots L_m$为作为在理论的理论概念的模型

中的对应项的熟知性质，即，L类是那些出现在表达理论的演算的公理中的理论名词的模型解释。

模型的研究可以以四种方式来引出关于理论中可观察事物的新的概括。

1．研究模型的初始命题会表明，可以从它们推出与例如B_1，B_2，B_3等等有关的命题，而这些命题又并不与出现在理论中的任何旧概括相对应。因而从模型转到理论将使人可以断定，关于A_1，A_2，A_3的那些对应的概括是理论的初始命题的推论。由于这些概括并不属于那些理论赖以建立的概括，它们就将是一些新的概括，而且可以用来作出那些倘若没有它们理论就无法作出的预测。这些新概括与那些旧概括所涉及的性质也有关。这叫作第一类预言新成果。

2．研究出现在模型的初始命题中的熟知性质L_1，L_2…L_m会表明，有这样一种新的熟知性质B_{n+1}，它出现于其中的概括和若干个旧性质B_1，B_2，…B_n一道，可以从模型的初始命题再加上把B_{n+1}与L_1，L_2，…L_m联系起来的新的初始命题中得出。因此，从模型转到理论将启发我们去寻找可观察性质A_{n+1}，它是模型中的B_{n+1}的理论对应项。如果这种性质能被发现，理论的初始假说又会增加一个把A_{n+1}和理论概念联系起来的新假说，从而又能推出连接A_{n+1}与A_1，A_2，…A_n中的某些性质的新概括。这种第二类预言新成果将能引出关于新的可观察性质的新概括。

3．研究出现在模型的初始命题中的熟知性质L_1，L_2，…L_m会提示一些关于某些熟知性质的命题，如果给这些命题加上模型的初始命题，就能使新的概括，比如关于B_1，B_2，B_3的概括在模型中被演绎出来。因此，从模型转到理论就会提示，如果对应的新的初始假说赋予理论，扩充了的理论将会引出关于A_1，A_2，A_m的

新的可检验概括。正如第一种类型，这种第三类预言新成果也将引出关于旧概括所涉及的性质的新概括。

4．到现在为止，$L_1, L_2, \cdots L_m$或理论的相应理论概念还没有被扩充。但是模型可以使人想到一种新的熟知性质L_{m+1}，它可以与$L_1, L_2, \cdots L_m$中的某些性质结合，成为模型的新的初始命题，从中关于B类的新的概括可以被推出。添加L_{m+1}常常没有对象，除非也能有新添加的、参与新概括的新的熟知性质B_{n+1}，B_{n+2}等等。当燃，在这种情况下，就得添加更多的初始命题以把新的B类和某些或所有L类联结起来。因此，从模型转到理论将启发我们去寻找可观察性质A_{n+1}，A_{n+2}等等，使得那些把它们和$A_1, A_2, \cdots A_n$中的某些性质联结起来的新概括能从理论的初始命题外加一些新假说中演绎出来，这些新假说正对应于包含L_{n+1}的模型的新的初始命题。这种第四类预言新成果，通过扩充理论以合并关于新的理论概念的假说，将引出关于新的可观察性质的新概括。

这四类预言新成果之间的关系可以这样总结，即是说，在第一类中理论的初始假说没有改变；在第二类中的改变是添加了一个联结新的可观察性质和理论概念的附加假说；在第三类中的改变是添加了一个把理论的理论概念联结在一起的附加假说；而在第四类中添加了一个包含新的理论概念的附加假说。

我已把这四种类型的预言新成果看作是可能出自模型研究的东西。但是，在提供或提示任何这些类型的预言新成果中，模型的使用在事实上究竟帮了多大的忙呢？就第一类而言，根本没有，因为表述模型和理论这两者的演算的公理并没有任何添加，而且任何命题，只要在模型中能被推出，就可以同样容易地在理论自身中被推出，无需求助于模型。第二类的情况与此基本相同。因为在这里，模型的新的初始命题给演算的公理增加的仅仅

是在理论中应被解释为把新的可观察性质与理论概念联结起来的假说。在这里，困难几乎总在于发现这种可观察性质，而不在于一旦发现了这种性质，去确定能把它和理论概念联结起来的初始假说。

正是就第三类和第四类预言新成果而言，说模型真正有所帮助，才似乎有些道理。因为在这里，添加了关于理论名词之间关系的演算的公理，而在第四类中，理论名词本身的数目也添加了。既然模型把演算的理论名词解释为熟知概念，也就可以有把这些熟知命题联结在一起（或把它们与新的熟知概念联结起来）的命题（真的或假的），它们不包括在模型的初始命题之中，但一想到模型就会想到它们。这样，可以说模型以某种方式提示了它的扩充，而孤立地考虑演算是不可能作出这种扩充的。当模型的命题已知为真（因而模型已知为演算的正当解释）时，这种提示是最为显著的；因为那时，在模型的熟知概念之间（或在其他熟知概念和模型的熟知概念之间）也可以有其他已知联系，它们提示在理论（或扩充了的理论）的理论概念之间的相应关系。在这种情况下，提示经常被认为是为从模型的已知特征推出理论的未知特征提供了一种推论——类比推论①。确实，人们有时认为类比提供了一个很好的理由，使我们可以相信，被扩充了的模型的任何特征都可以在相应地扩充了的理论中再现，直至在假定了被扩充的理论具有这些特征之后所得到的一个经验地可检验的概括为经验所反驳。

这一论断是不能同意的。类比除了指出理论可以怎样被扩充之外，并没有提供更多的东西；并且，科学史告诉我们，虽然某些类比联想确实导致了理论的有价值的扩充，其他的却毫无结

---

① 见M. B. Hesse, *Forces and Fields*［《力和场》］（1961）p. 27，关于模型的"剩余内容"。

果。

模型关于扩充自己的提示只能提示对理论的扩充（第一类新成果的情况除外，但这里理论的扩充和模型的扩充一样，是不明显的）。理论的初始假说是否将作出这种扩充，只能由经验对那些从扩充了的理论中推出的可检验概括的检验来决定，而在这种检验中，模型不起任何作用。那种认为模型化了的理论比理论自身具有更强的预测力的论题是不能认可的。

然而，模型论者可以用一系列问题来反击，其根本问题就是，何谓理解一个理论。如果不是已知一个理论的可检验概括是从初始假说中得出的，理论作为一个整体怎么能被经验检验呢？如果初始假说未被理解，人们怎么能知道这一点呢？如果不理解理论概念是什么，我们怎么能理解关于这些理论概念的初始假说呢？如果不把理论与一个其所有概念都是熟知的模型相对应，理论概念又怎么能被理解呢？

要回答这些问题，要求对理论概念的作用给出一个恰当的、又不使用任何模型的解释。这种解释（我将称为语境论解释[contextualist account]）已经被最近的许多作者给出了：Quine在他最近的书①中提到了Carnap，Einstein，Frank，Hempel以及我本人的著作，而这个名单还可以扩大。大略地说，语境论者认为，在科学理论中，理论概念发挥作用的方式，是通过对那个自下而上表述理论的演算的解释而给出的。演算的最终定理可看作表述了经验地可检验的概括；演算的公理可被解释为可逻辑地得出这些概括的命题，而演算中出现的理论名词的意义则是由它们的语境不明显地给出的，即由它们在演算中的位置给出的。因此，理解一个科学理论中的理论概念就是去理解代表它的理论名

① W.V.Quine, *Words and Object*[《词和对象》]（1960）p.162.

词在表述理论的演算中所占有的位置，而理论概念的经验本质则建立在演算的最终定理的经验解释上。

如果对于理论名词的意义的这种语境论解释是恰当的，那么，对于完全理解理论来说，为它设想一个模型就完全不必要了。但是，我们语境论者可以轻易地说明为什么人们会感到模型如此有用。因为语境论解释明确地提到了表述理论的演算；所以，要完全理解一个理论概念就要求Quine所说的，从考虑事物到考虑表达事物的符号或语言的"语义升级"["semantic ascent"]。就用科学理论作出的说明而言，这要求考虑一个无解释演算，它在被解释为表述了理论之前就当表述着理论。许多人发现，无解释演算这个观念很难把握。对于他们，在考虑一个科学演绎系统的时候，首先为它设想一个所有概念都已熟知的模型，然后再把模型在一个演算（或演算的一部分）中表述出来，使之形式化（或半形式化），这样要容易一些。于是，演算总是被看成是有解释的，而模型正好是它的最初解释。然而，要从表述模型的演算转到表述理论的同一个演算，必须首先"不解释"它（用Quine巧妙的术语），不要将它的非逻辑名词视为代表熟知概念的解释，而仅仅保留对其逻辑特征的解释。这样不经经验解释的演算将随后被（自下而上地）重新解释，以用来表述科学理论。经过不解释和随后再解释两个阶段的这个过程在心理学上的优点就是，不需要考虑一个完全未解释的演算。

然而，从哲学上讲，模型论者和语境论者的基本步骤是相同的——自下而上的解释演算以便用它表述理论。模型论者的作法是重新解释一个最初有解释、而他以前不加解释的演算；语境论者的作法则是解释一个最初未解释的演算。模型论者不能避语免义升级：他避免明确地谈到演算而只谈模型和具有相同演绎结构的理论，但要理解这一点却预先假定了语义升级。因此，当使用

模型（除了在阐明理论时它的心理学功能）间接地研究那个语境论者通过讨论其演算已直接、清晰地着手解决的困难的时候，模型论者并不能有根据地断言，他的解释比之语境论者的解释提供了对科学说明更深刻的理解。科学哲学家，只要关心这样一个问题，即我们理解一个含有理论概念的理论究竟是怎么回事，都不能避免语义升级。

陆健体　译

曹秋华　校

理论的语言*①

Wilfrid Sellars

一、导　言

1．我的目的是要弄清我在最近几篇文章②中所概述的有关论题的某些观点对理论陈述的经验的(或事实的)有意义性及理论对象的实在性，这为大家所熟悉的老问题，有什么新的影响。这些观点涉及到：(a)基本语义学范畴的解释；(b)科学说明中理论的作用。

---

* 译自：*Current Issues in the Philosophy of Science*[《科学哲学中当前的问题》] Feigt Maxwell主编，Holt, Rinehart and Winston公司1961年版。——译注

① 我想对我从朋友和同事们那里得到的十分宝贵的帮助表示感谢，他们对初稿进行了讨论，我特别感激Adolf Grünbaum教授一页一页地对本文的说明和要旨进行了审评，没有这些，这篇文章就远不能象现在这样表达出我要说的东西。——原注

② "Empiricism and Philosophy of Mind", *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol.I[“经验主义和心的哲学”，《明尼苏达科学哲学研究》第一卷] H.Feigl和M.Scriven主编(Minneapolis: Univ. of Minn, Press, 1956)

"Counterfactuals, Dispositions and the Causal Modalities", *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* Vol.II[“虚拟条件句，性向和因果模态”，《明尼苏达科学哲学研究》第二卷](Minneopolis: Univ. of Minn. Press, 1958)

"Grammar and Existewe: A Preface to Ontology", *Mind*, [“语法和存在：本体论的序言”《心》] 69期，1960。

"Some Reflections on Larguage Games", *Philos of Science* 21, 1954 [“关于语言游戏的几点看法”，《科学哲学》21期，1954]。

2．一般认为“理论”一词包括各种因同类相似性而彼此相似的说明的框架，这种同类相似性容易辨认而难于描述。每一种理论对科学哲学都提出了自己的问题，并且，虽然当前的文献对反映科学活动的实际比对反映先前的认识论承诺表现出一个不断增长的趋势，但我将讨论的那种理论，即用假设未被观察到的对象来解释可观察现象的理论，仍遭到具有实证主义倾向的科学哲学的一种Procrustes①式方法的影响。

3．至少在开头，我将假定，对这类理论的标准现代说明的某种东西是正确的。考虑到与这种说明联系在一起的那些著名的名字，若它不接近真理就会令人非常吃惊。它建立在对下列三者加以区别的基础之上：(a)作为无解释演算的理论的词汇、公设和公理；(b)观察框架中的词汇和可被归纳检验的陈述；(c)“对应规则”，它用一种与推理具有某种相似性且与翻译具有某种相似性的方法把理论词汇的陈述与观察语言中的陈述联系起来。这些范畴中每一个都需要一个简短的基本说明。

4．除了显然指称未被观察到的对象和它们的性质的那部分词汇外，理论语言还包括：(a)普通涵义上的逻辑的和数学的表达式，(b)空间和时间的词汇。（我们能认为理论词汇的后一部分也有它的普通涵义吗！实质上动力学理论中的空间和时间与可观察世界中的空间和时间相同还是前者仅仅与后者“对应”？在相对论物理学中一定是仅仅“对应”而已。）

5．通过对应规则与给定的理论连在一起的非理论语言，就某种别的系统而言，其本身也可能是一种理论，在这种情况下只是在相对的意义上它才是非理论的。这就提出了一幅理论层次的图

---

① Procrustes是希腊神话中的人物，传说他劫人后使身高者睡短床，斩去身体伸出部分；使身矮者睡长床，强拉其身使与床齐。Procrustes式的喻强求一致的。

画，并且表明有一个层次在绝对的意义上能被称为是非理论的。让我们暂时假定有这样一个层次，这就是日常生活中可观察物与可观察属性以及可由之给出明确定义的那些思维产物。如果我们遵循Carnap的说法，称适合于这一层次的语言为物理事物语言，因此，上述的假设可被表述成这样一个论题：物理事物语言是绝对意义上的非理论语言。那么，理论的任务就被归结为说明表述在物理事物语言中的可被归纳检验的概括[generalization]，这个任务与借助于对应规则从理论中推出后者是等同的。

6．对应规则一般是连接理论语言中被定义的表达式与观察语言中可定义的表达式。常常认为它们借助于可观察物给理论以"部分解释"，但这充其量也只能是一个非常令人误入歧途的说法，因为，不管就物理几何来说①，有什么东西会符合于对应规则，对假定了未被观察到的微观对象的理论而言，说对应规则规定一个理论表达式与观察语言中的相关表达式有相同涵义是不真的。"部分解释"这一词组告诉我们，只有在部分这个涵义上，解释才不是一种翻译；即，虽然给出了某些保持涵义同一的规定，它们并不足以使理论语言完全翻译成观察语言。有人认为，虽然对应规则使理论句子与观察句子协调起来，但它们以及作为其推论的派生规则都不使理论的基本成分与观察语言中的相应部分一一对应，这种说法引起的误解要少一些。象谈到"部分解释"时一样，这样说不是认为若可以使部分关联成为完整的，那么这种关联就是一种翻译("完整关联[complete correlation]"可通过重新表述对应规则，以使之成为一种语义学规定，而被转变成一个翻译的问题与这里所讨论的问题无关)。

---

① 几何学的情况是有关的，因为必须为微观对象定义几何学概念。即使由此抽象，也仍然有将理想化的一致性扩大到一致性在物理上不可能的情形中的问题，如：太阳的中心。

7．因此，我们将暂时把我们正在考察的这种理论的对应规则当作特种词语桥梁[verbal bridge]、它将人们从理论词汇中的陈述引导到观察词汇陈述中去，或者相反。对应规则一词与“桥梁律”[bridge law]、“协调定义”[coordinating definition]或“解释”[interpretation]相比，具有这样一个优点，即它在对这些桥梁在不同的理论中所起的确切作用的各种解释之间保持中立。

8．理论名词的意义和理论对象的实在性的问题与对应规则的地位如此密切地联系在一起，以致弄清后者几乎会自然解决前者。这个事实是这篇文章中我的策略的关键。但是在为这种分析任务建立一个合适的构架之前，就当前有关对应规则的处置[treatment]作几点评论是恰当的。直到最近，在理论的纲要性描述中，人们都习惯于把公设和理论的定理、观察构架中的经验概括和连接理论与观察的对应规则当作三个不同的部分。这在强调这三种不同类型的陈述在方法论上有不同作用这一点上是有价值的。另一方面，这种描述方式本身包括主张理论论域和观察论域的本体论的（与方法论的比较）二元论，而一种更为中立的描述则可避免这种二元论。因此，近来把对应规则与理论公设列在一起已经成为趋势，只不过将对应规则视为既包括理论表达式又包括观察表达式的那些公设。[1] 如果有关的方法论和语义学区别最终找到了其他恰当方式的表述，这个程序就不造成危害。并且，我将论证，即使认为理论构架与观察构架的二元论不仅仅具有方法论意义是错误的，这种新的描述方式也很可能是勾画这种情况的最好方法。

---

① 这种描述方法在某些方面类似于对定义与在一种演算的展开中的公设和“$a=b$”形式的定理不作形式的区分的方法，我把确定后者怎样被分成定义等式和非定义等式的问题留给下面的讨论。

二、一些语义学区别[①]

9. “意义”有多种意义是当代哲学的一个基本原理。其中有一些是在狭义的逻辑涵义上的——命名、指称、蕴涵。其他一些是在较广义的逻辑涵义上的。因此，存在一种方法论上的涵义，在这种涵义上，一个有意义的表述式可以是科学上无意义的，它没有科学内容——如一种可测量的任意定义的函数。虽然“语义的”是在一个广泛的涵义上仍有其他各种意义，这是心理学和修辞学所涉及的，但不是最广义上的逻辑所涉及的。

10. 在我论证的这部分中，将要涉及的“意义”的涵义正是与狭义的逻辑理论直接相关的那些涵义。我将试图对基本语义学范畴作一个概略而连贯的论述，它可能有助于解决与理论论述相关的意义与存在问题。我并不企图去提供一个被精细地还原到最少量的初始概念和初始命题的形式化的意义理论。如果这种企图以对最初的被解释项的误释为基础，则它们在任何领域都是不成熟的和危险的。据我看来，正是近来的一些意义理论最为有害地使这些危险变成了现实。[②]

---

① 本文中实质性论证在第Ⅳ节中继续进行。这一节描述语义区别，这些区别在后面被用来对理论对象的实在性问题及其正确解答给出一个精确的表述。不过它可以被省略，而不妨碍这一论证的主要之点，也许在初读此文时无论如何都应该省略它。

② 我想起（*Indroduction to Semantics*[《语义学导论》]）卡尔纳普用语词与超语言对象之间的原始指称关系对语义学理论的形式化。这种重构使人承诺这样的观点：如果一种语言是有意义的，就存在一个与任何人类概念形成无关的对象（该语言的名字和谓词的被指称者）的领域。当然，Carnap这一语义学理论不涉及关于这个领域所包括的内容的承诺，但是如果加上物理事物语言是有意义的这个前提，人们就必须承认，可观察的物理事物及其性质的框架有一种绝对的实在性。若这节中的观点是正确的，这个框架则没有这种实在性。

11．因此，我将简单说明意义的不同种类或方式，以及它们是怎样相互关联的。我希望这是一个可辩护的说明，而不想借单一的一个原始概念——如指称关系或指称解释“意义”的各种逻辑涵义。我将区别：

（a）作为翻译的意义。

（b）作为涵义[sense]的意义。

（c）作为命名的意义。

（d）作为内涵的意义。

（e）作为外延的意义。

12．“意指”一词作为翻译的规则用语容易与它的其他用义混淆。这种用义的基本特征是，无论是从一种语言到另一种语言的翻译还是同一种语言中一种表达式到另一种表达式的翻译，翻译表达式与被翻译表达式必须有同样的用义。① 因此，在这种涵义上用“意指”我们一定不能说：

（1）(英语形容词)“圆的”[round]意指圆形性[circularity]。

（2）(英语形容词)“圆的”意指圆形的[circular]。

这儿“圆的”和“圆形的”是有同样用义的谓语表达式。

（3）(英语形容词)“圆的”与(英语形容词)“圆形的”有同样的用义。

(2)与(3)的基本不同在于：(3)是说一种语言中的两个表述有相同的用义，而不是给出这种用义，而(2)则预先假定“圆形的”是接受该陈述者通常所使用的词汇之一个表达式。当然，通常也是作出该陈述的人的现有词汇，由此给出了“圆的”之用义，(3)则没有。

---

① 说两个表达式具有相同的用义就是预设一个用义相同性的标准，这个标准把用义上的相关差异与无关差异分开来。很清楚，与一种研究范围无关的差异可能与另一研究范围相关。

13．“意指”的翻译用法表明了这样一个事实：不同的表述可起相同的语言作用。也许还应指出：既然含有“意指”的这种涵义的陈述是被用来借助于其他表达式的用义说明某一个表达式的用义，它们常常是不可逆的。因此，

（4）“三角形”意指以三条直线为边的平面图形

和

（5）“以三……平面图形”意指三角形

并不是同等适当的。按这种限定，说一个表达式在这种涵义上有意义就是使自己用具有同样用义的另一个表达式去说明这个表达式的用义。

（6）“红的”[Red]意指红的

这样的陈述或许可被视为一种极限情况，它通过暗示“红的”有一个用义，并且这种用义是不能够用更基本的表达式来说明的。

14．与作为翻译的规则用语的“意指”紧密相关的是具有“表达……概念”涵义的“意指”。在这种情况下，我们一定不能说

（2）（英语形容词）“圆的”意指圆形的

而必须说

（1）（英语形容词）“圆的”意指圆形性

或，我们可以这样说

（7）（英语形容词）“圆的”表达了圆形性的概念①

注意，认为上面说的是

（8）“圆的”命名圆形性的概念

① 下面我将选择头两种意义陈述的例子，而不考虑它们是否将是在标准条件下对用法的好的说明。当上下文已表明所讨论的是哪一种语言时，我就不再指出一个表达式所属的语言了。

就是不正确的。因为，命名圆形性的概念是"圆性"[roundness]的任务。因此，我们就有

(9)"圆的"意指① 圆形的

(10)"圆的"表达圆形性的概念

(11)"圆性"命名圆形性的概念。

15. 另外，在"意指"的翻译涵义上。

(12)(意大利词)"Parigi" 意指巴黎[Paris]。

当然，这儿说

(13)(意大利词)"Parigi" 命名巴黎

也是真的。甚至，

(14)(意大利词)"Parigi" 表达了巴黎的概念，或表达了中世纪的惯用语巴黎性的概念

也是真的。因为，我们知道，不仅必须承认普遍概念，还必须承认单独概念（而且，事实上还有其他种类的概念），并且，这样处理没有本体论上的不合适。

16. 我们还将说

(15)"Parigi"蕴涵是法国首都的性质，并且，一般地，名字蕴涵这样一些属性：是否具有这些属性就是能否被该名字所指称的标准。一个名字表达的概念和由该名字蕴涵的概念或性质之间的区别是极其重要的，一些说明将立即使这点得到证明。虽然，标准发生变化或得到不同的估价，概念在一定限度内仍能保持不变。② 让我对我所描绘的区别给出两组进一步的说明。

(16)(意大利词)"Icaro" 意指*Icarus**

① 从现在起，在例子中我将仅在翻译的规则用语的涵义上使用"意指"。

② 看Wittgenstein在*Philosophycal Investigations*[《哲学研究》]第79节中基本相同点的讨论。又见我的文章Counterfactuals, Dispositions and the Causal Modalities。

(17)(意大利词)"Icaro"不命名任何真(或实际)的事物

(18)(意大利词)"Icaro"表达Icarus(或Icaruseity)的概念

(19)(意大利词)"Icaro"蕴涵是Deadalus的儿子的性质。

用一个普通名词而不是一个专名来说明，就是

(20)"cheval"意指马

(21)"cheval"表达马类[horsekind]这一概念

(22)"cheval"蕴涵有四条腿的性质

(23)"cheval"命名Man o'War, Zev，等。

17．最后，指称必须与命名区别开来。因此，我们能说

(24)"圆的"指称圆形物[circular things]

而不命名它们。含有"圆形的"一词而又与圆形物的名字最接近的表达式将是"圆形物"["circular things"]这一普通名词表达式。而且，在这种涵义上，"圆的"指称圆形物与它指称圆形物的类是不同的。若我们希望在下列方式上用"指标"一词

(25)"圆的"指称圆形物的类

我们必须仔细地区别命名一个类和指称一个类，因为，"圆形的"不是任何事物的名字，更不用说一个类了。

18．我们将立即回到区别和联系上述意义的类型这一任务上来。但首先我想要指出的是，没有任何事情会比在翻译的涵义上说一个理论名词有意义[have meaning]或是有意义的[be meaningful]更少引起争论和更为琐屑。确实，

---

* Icarus希神，Deadalus之子，以蜡为羽毛造成之翼逃出Crete岛，因过分接近太阳，其翼卒所融，堕海而死。

（9）"圆的" 意指圆形的

因此，存在有某种被"圆的"所意指的东西即"圆形的"，在这一涵义上，它同样是真的：

（26）（德语单词）"分子"[Molekuel]意指[英语单词]分子[molecule]，

因此也存在"Molekuel"意指的东西——即*molecule*。看来，作出象(26)那样的陈述的，乃是那些在他们所使用的词汇中有起解释术语[explicans]作用的理论表达式的人。

19. 然而需注意，解释术语必须在他现有的词汇中作为一个属于一种理论语言的表达式。因此若理论表达式仅仅是作为一种纯粹句法游戏中的表达式起作用，（显然它们并不是这样。）那么无论它们作为被解释术语还是作为解释术语，把它们带入意义陈述显然是不正确的。

20. 但是，这一立论尽管是正确的，却并非要证明，在业已确立的理论中，理论名词除了是可翻译的外，还会在别的什么有趣的涵义上"具有意义"。严格说来，甚至在这一有限的涵义上。也并不确立这些理论名词具有意义。因为我们立即碰到了这样一个新问题：在一种初看起来充分起作用的语言中，什么时候一个表达式不同于一个纯粹对抵词[a mere counter]，以保证说我们已翻译了它，而不是仅仅将其与另一个我们已知如何运用的对抵词联系起来？因为即使我们要决定，理论表达式太象象棋中的棋子，以至于不能恰当地从意义方面加以谈论，我们还是可以利用成规来说明它们的用法，该成规还可以用来说明一个形状奇特的象棋棋子，方法是将其与我们这套象棋中的这个棋子联系起来。这样，我们就会说，最好把有关理论表达式的翻译的做法视为将翻译成规隐喻式地扩大到在某些方面类似于翻译，却不是严格意义上的翻译的情况中去。

21．因此，否认动力学的法语表述中的表达式可翻译成英语中的等值式是奇怪的，这一事实对于在语言这个名词的丰富含义上坚持动力学理论的语言是一种语言这一点并不是一种决定性的理由。如果在我们已区别的任何其他意义类型中理论名词没有意义，那么它们在翻译的涵义上就不能有意义了吗？总之，甚至象法语"helas!"["哎呀!"]这种恰当的语言表达式也可翻译成"alas!"[(英文)哎呀!]但它肯定不命名任何事物，没有内涵并且也不表达概念。①另外，"oui"也可翻译成"yes"[是的]。

22．若首先我们回到作为表达了一个概念的意义的问题上，我们就一定面临这样的问题，如：

(10)"圆的"表达了圆形性的概念

这样的陈述或

(26)"Socrates"表达了Socrates性的单称概念。

这样的陈述所转达的究竟是什么呢？不再赘述，我将提出一个简单的——尽管是基本的——论题，那就是，(10)的涵义与翻译陈述

(9)"圆的"意指圆形的

的涵义并无多大区别。区别实质上在于这样一个事实：在(9)中形容词"圆形的"是给出"圆的"和"圆形的"所共有的作用而并不借助于一个名字来提及这种作用（虽然它模糊地把这种作用描述为"圆形的"在我们的语言中所起的作用），②而在(10)中我们发现这种作用的一个名字，这个名字是用特殊方式由在我们语言中起被命名作用的一种符号设计形成的。③

---

① 然而可以认为它表述了一种涵义[sense]，看§23。

② 看上面12。——原注

③ 看我的"Quotation Marks Sentences and Propositions["引号，句子和命题"]*Philosophy and Phenomenological Research* X，1950[《哲学和现象研究》X，1950]

23. 但是，若这种描述是正确的，那么，说

(27)"Molequel"表达了一个分子的概念

并且，一般地、作出关于理论表达式的

(28)"……"表达了——概念

形式的陈述就正是描述一事实的另一种方式，这一事实就是：理论语言的作用象观察语言的作用一样能由不止一套符号设计来承担。然而鉴于并不是所有语言作用都是表述概念的这一事实，我们必须比在翻译规则的讨论中更具有识别能力。因此，虽然说"圆的"表达了圆的概念和(性质)，"和"表达了连词的概念(操作)并且"notwendig"[必然地](德语)表达了必然性概念(模态)等是有意义的，我们却不能说，"Helas!"(法语)表达了"哎呀"的概念，尽管我们可以说

(29)"Helas"(在法语中)表达了"哎呀"的涵义。

这是因为，(29)对这个事实作出了表述："Helas!"在法语中起英语单词"Alas!"的作用，并且(29)还等值于

(30)"Helas!"(在法语中)起"哎呀!"的作用。我们应在何处确定表达了概念的表达式和那些虽然是恰当的语言表达式但并不表达概念的表达式这两者之间的区别的问题正是我不想系统地回答的问题。①

---

① 若人们以列出并非太不适于被说成是表达概念——名词表达式，谓语表达式，逻辑连词，量词——的各种类型的表达式开始，那么他就可能得出结论：表达一个概念就是与以出现该表达式的陈述开始的推理相关，并要注意到："啊，一切人都会死!"比"一切人都会死"没有更强的推理力量(实用的含义除外)。正是因为"好的"、"坏的"、"对的"、"错的"等在实际推理中的确起作用，因此完全可以说它们表达了概念。我认为这种探讨是正确的，但要仔细把它们制定出来就需要对诸如左边的括弧一样的一个明显的非概念表述，如象"和"这样的逻辑算子之间的不同作一个精确的描述。在实词和虚词["Categorematic and syncrategorematic expres-sion]之间的普通区别把一种类的区别和级的区别混为一谈。

24．上述评论能使我们同意这样的论点：可以正确地说理论表达式表达了概念。但是，理论表达式命名任何事物吗？它们指称任何事物吗？

25．我们已经知道，名字蕴涵标准并且命名符合该标准的对象。我们已经区别了两种基本不同的对象，我们可以分别用Socrates和圆性来说明它们。这里的区别大体上是概念对象与非概念对象之间的区别。①

26．非概念对象能大体上被分为基本的和派生的。派生的对象能被非形式地概括为那些由名词表达式所指称的对象，它们能被语境定义所消除。在这种涵义上，事件在物理事物框架中是派生的对象。关于有物理事物参加的事件的陈述能被变成为这样的陈述：其中所有非谓语表达式都指称物理事件。② 在动力学理论的框架中，如已被经典地描述过的那样，基本的对象（假设我们能够讨论理论对象）将是单个分子。

27．知道一个名字命名了某物，就是知道了某对象符合这一名字的内涵并且由此而符合由这一名字所表达的概念。知道这一点就是知道由名字和动词“存在”所组成的存在陈述所表述的内容。因此在我们将主要关心的通名的例子中

（31）N_s存在

（32）(存在x）x符合由“N”所蕴含的标准

---

① 我已经提议概念将被视为语言学对象。而把这个建议变成一个关于概念的恰当的理论将需要（a）对作为“内部会话”[inner speech]的思想的一种令人满意的说明；（b）一个关于语言学对象的作用[status]的理论，简言之，一个规范讨论的理论。在其他出版物中，我已经讨论了这些问题并且我相信在对付他们提出的问题上取得了一些进展。但当前，我必须使这些要求留在期票的地位上，并且在最后结帐前用它们购买。

② 看我的论文“Time” *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* [“时间”《明尼苏达哲学研究》第III卷。]

(33)(存在x)x符合一个N的概念

(34)(存在x)"N" 命名x

是作出同一陈述的不同方式。

28. 由上可见,我在使自己承认这样的观点:只有这样一些存在量化陈述有存在陈述的力量,其中量化变项把对象的名字作为它的代换者。变项的代替者是对象的名字这一事实使它与对象的一个范围相联系。按照这一说明,

(35)(存在f)Socrates是f

不是存在陈述;由于变项"f"并没有一个上述意义上的对象的范围。"f"的代换者不是名字而是谓词。确实可以说变项"f"有一个意义范围,即,由

"红的","圆形的","智慧的","有死的"等所表述的范围。但,意义不是对象,并且意义的讨论源于"意指"的纯粹翻译上的涵义。①

29. 注意,当然有一个与"智慧的"相联系的对象,但它的名字是"智慧",并且它属于概念变项f-ness的范围。不同于(35)。

(36)(存在f-ness)苏格拉底例示f-ness

这一密切相关的陈述的确符合上面存在陈述的标准。但是若前面的描述是正确的,"f-ness"形式的表达式命名语言学对象,即由谓词表达式充当的角色;并且假定一种语言非常丰富,不仅足以表述"Socrates是智慧的",而且还有"Socrates例示智慧"的涵义,那么虽然这两个陈述必然是等值的,假设量化对象语言

(35)(存在f)Socrates是f

具有一个存在陈述的涵义,断定了一个超语言的抽象对象的存在

① 关于这一点,在我的"Grammar and Existence: A Preface to ontology"(*Mind*, 69, 1960)中有详细的阐述。

则完全是一个错误。

30. 作为附带的评论可以指出，由上述可以得出：一个理论的Ramsey句子不是一个存在陈述(一个形式化了的理论的Ramsey句子大体上是通过用变项代换所有理论谓词和用带有存在量词的变项前置于该理论的公设的合取而由这一合取形成的句子。)如果Ramsey句子的确蕴涵满足由理论的公设所表述的条件的概念或属性的存在，假设我们愿意讨论由理论名词所表达的概念的话——那么，这些概念或属性是理论的还是观察的问题也就是Ramsey句子中代替量化变项的常项是否能被保全真值地视为属于观察词汇的问题。

31. 根据上述分析，知道分子存在就是知道

(37)(存在x)x是$\phi_1 \cdots\cdots \phi_n$

此处是$\phi_1 \cdots\cdots \phi_n$对某物在理论框架中符合一个分子的概念是一个充足条件。问题在于，什么情况下能够说我们知道这些？注意，虽然(37)是理论语言中的一个陈述，却并不需要把它视作理论的一个公设或一个定理。理论的作用是允许我们由断定在某时某地某种物理状态的存在的观察语言中的陈述推出断定在那时那地一团分子的存在的陈述。知道分子存在也就是我们有权得到观察前提，被许可从这个前提得出理论结论。一个理论若得到这种许可则是一个好的理论。

32. Carnap关于存在的内部问题和外部问题之间的区别①与此有关。因为即使"分子存在吗?"这种问题在这个短语的狭义上是一个不到理论语言的外部不能回答的问题，但对一种理论的

① 看他的文章"Empiricism, Semantics, and Ontology",["经验主义，语义学和本体论"]，在他的*Meaning and Necessity*[《意义和必然性》]第二版(Chicago: Univ. of Chicago Press, 1959)的附录中。

作用所提供的作为一种理论的框架来说，它仍然是内部的。并且这样它可以与这样一个“外部”问题相比较:“是否有好的理由采纳分子的框架?”

吴云秋　译
曹秋华　校

理论的"正统"观点：对批判和捍卫的几点看法*

Herbert Feigl

以下的评论旨在大致地指出科学理论的一些比较重要的特征。我将讨论"标准的"或"正统的"观点，主要目的在于树起一个批判的靶子，对其中的有些批判我将事先简要地勾画出它们的轮廓。Norman R. Campbell在[7]中，还有R. Carnap也同时独立地在他的一篇不很著名的文章[12]中给出了科学理论结构的"标准"论述。逻辑经验主义者和有关的思想家的科学哲学的绝大部分丰富的文献，虽然在其形式、发展、修改和专业术语上有许多差异，但都包含着对物理学、生物学、心理学以及一些社会科学的理论的本质上相似的逻辑结构和经验基础的分析。比Campbell和Carnap早一些时候，Moritz Schlick在他的划时代的Allegemeine Erkenntnislehre[《普通认识论》][38]中，对于隐定义这一教条就表示了支持。在这方面，他受到David Hilbert的几何公理化，以及Henri Poincaré和Albert Einstein对理论物理学和几何学在物理学中的作用的看法的影响。之后，

---

* 译自*Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. IV, *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, ed. by Michael Radner and Stephen Winokur, Minneapolis: Univ. of Minnesota Press, 1970[明尼苏达科学哲学研究丛刊第四卷:《物理学和心理学的理论与方法的分析》]pp. 3-16。——译注

在H.Reichenbach, R.Carnap, D.G.Hempel, R.B.Braith Wait, E.Nagel, 以及许多其他逻辑学家和科学方法论学家的著作中，这些内容得到了更充分和更明确的发展。

为了理解在科学哲学中这一重要探讨的目的所在，把这一探讨与科学理论的历史学的、社会学的或心理学的研究区分开来是很有必要的。由于在这方面已经发生了大量的令人遗憾的误解，所以我在开始讨论"正统的"逻辑分析的论述中的——甚至在我自己看来——那些成问题的观点是什么之前，我将力图维护这种区分的合法性和富有成效性。

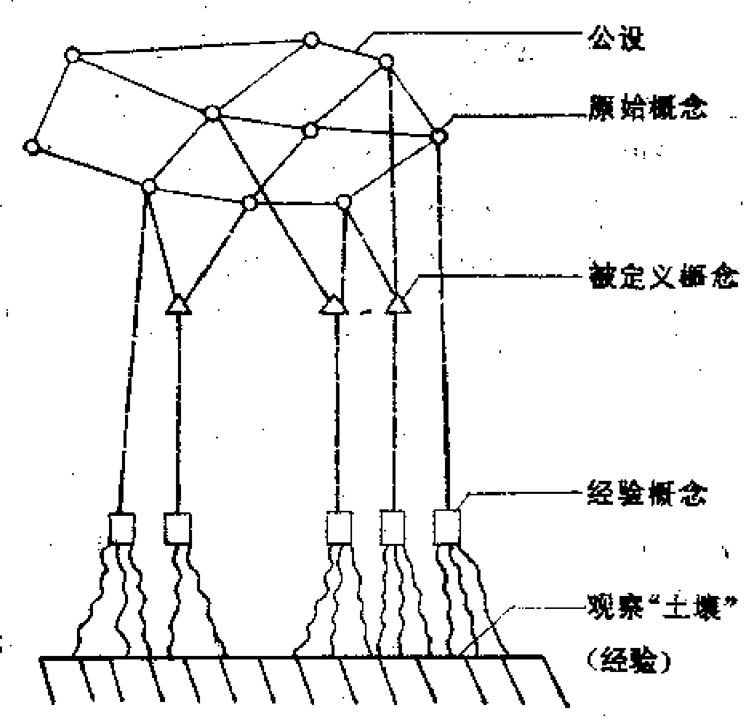
是Hans Reichenbach在[36]中，为这种"发现范围的分析"和"辩护范围的分析"之间的重要区分杜撰了标签。尽管这个广泛使用的术语也许并不是最恰当的，但它的意图是相当清楚的：追溯科学理论的接受或拒斥的历史起源、心理的发生和发展以及社会政治经济情况是一回事，而为概念结构和科学理论检验提供逻辑重建则完全又是另外一回事。

我承认，我对这种区分最近几年所遭受的大量误解和反对——这看来几乎是蓄意的——感到沮丧。这种区分以及随之而来的有关合理重建的思想是非常简单的，而且就象Aristotle和Euc 一样古老。Aristotle有关演绎逻辑的论述，特别是他的三段论法，是弄清必然推理的有效性的规则的最初尝试。为了这一目的Aristotle不可避免地要抛弃诸如似乎有理之类的心理因素，并且要用公式清晰地表述出那些在演绎推理中所涉及到的命题的形式。这也要求把日常语言中的特别惯用的表达式转换为标准形式的表达式。举一极其简单的例子：记住"只有成年人才被允许"。必须表达为"所有那些被允许的都是成年人"。只有在标准的形式已代替日常谈话的表达式之后，我们才可能对演绎推理的有效性进行"自动的"(如当今可以借助于电子计算机）检查。

而且，对于纯逻辑的或"形式的"真理与超逻辑的真理之间的区别，Euclid早已有了一个相当清楚的概念。这一点在他关于几何公理和公设之间的区分中是相当明确的。从我们现代的观点来看，假定它是用来证明纯数学中的一个定理或它是用在应用数学中的（如理论物理学中的）相关证明中，那么在一个推导的正确性（有效性）和一个科学理论的经验上的恰当性（确认或证认）之间作出区分仍将是必要的，与Euclid的几何学范式密切相对应，事实科学中的理论长期以来被当成是假说演绎体系。这就是说，理论是一组包含着"原始的"即未下定义的术语的假设。这些假设中那些最重要的命题是似定律命题，即按它们的逻辑形式来说它们是全称命题。正象在几何学中一样，定义也是必需的，以用来推出具有更特殊性质的定理。这些定义可以是多种多样的：显定义、语境定义、协调定义等等。在从较一般的、而且通常是更抽象的假设（公设）中推出经验规律的时候，这些定义是必不可少的。"原始"概念是用来作为"被推出"概念的定义者。原始概念自身通常仍是未下定义的（借助于显定义）。它们可以被当成仅是靠全部公理(公设)集给出"隐"定义的。但是，意识到这种如此理解的隐定义具有纯句法特征是重要的。这样定义的概念是不具有经验内容的，在这里人们可以有理由不谈"概念"，因为严格地说来，即使是Frege和Russell所理解的"逻辑的"意义，它们也不具有。任何一个公设系统，如果把它当作一个（先前）在经验上无解释系统，那么它仅仅建立了一个符号网络。这些符号是根据预先制定好的形成规则和变形规则来进行操作的。它们的意义——如果人们这里毕竟还可以谈论它们的意义的话——也是纯形式的。从古典逻辑的观点来看，隐定义是循环定义。但是，C. I. Lewis曾精彩地指出：循环越大，其恶性就越小。我认为这就是说：一个"富有成效的"或"有创造力的"公

设集是那种能由之（并非不重要地）导出很多（也可能是无限的）定理的公设集。这个诱人的特征显然与原始词汇在网络中的相互联系的方式有关，该网络是由公设及派生（被定义）名词的定义的恰当性而形成的。

在例如Schlick，Carnap，Hempel，Margenau所使用的形象，而有启发性的阐释中，"纯演算"，例如没有解释的公设系统，自由地"飘浮"或"盘旋"在经验事实的平面上。只有通过"联系环节"，如协调定义（Reichenbach的用语，大致同义于Margenau和Carnap的"对应规则"或Northrop的"认识论的对应关系"，并且还和Bridgman的"操作定义"有关，但不是严格意义上的等同），这个公设系统才获得经验意义。一个简单的图示（实际上也太过于简单化了！）将可以展现这一逻辑情景。象这一图示所表明的，基本的理论概念（原始词汇）是由它们出现于其中的那些公设给出隐定义的。这些原始词汇（○）或更通常地



由这些原始词汇给出显定义的导出概念（△），通过对应规则就与那些涉及到观察的项目的概念（□）——如在物理科学中那些通常可直接观察的量，如质量、温度和光强度——联系（或"谐调"）起来。这些经验概念反过来是通过对那些诸如观察规则、测量规则和实验规则，或那些用来决定和限制经验概念的可应用性和应用的统计方案所作的详细说明而给出"操作定义"的。

Bridgman 区分了"物理的"和"心理的"操作。他想这种区别是通过对可观察的（包括可测量的、可实验的）和逻辑数学的（如可计算的）程序，加以区分来表达的。这种表述也许更为清楚，却也更加麻烦。可以更广泛地认为，这两种"操作"类型包括了所有各种类型的科学概念的各种意义的说明。但是 Bridgman的例子表明，他的注意力主要集中在那些与"观察平面"颇为接近的概念上。一个基本的例子就是，一个在给定的空间距离和对应的时间间隔中运动的物体的（平均）速度概念：用直尺（码尺）或卷尺等来测定距离，用记秒表或其他别的测定时刻的工具来测定对应的延续。这就是Bridgman的"物理的"操作的一些例子。之后用第二次（算术除法的"心灵"操作）的数量结果去除第一次的数量结果。这样你就得到了你的结果：（平均）速度。

很清楚，具有高度理论性的概念，例如，量子力学中的"旋转"，要牵涉到包括所有这两种类型的更加复杂的操作。因此，我认为只谈论"经验的"概念操作定义是明智的。理论概念的意义只有通过它们在那个包含公设、定义、对应规则，以及操作定义的整个理论体系中的地位，才能得到解释。最后的这些东西是由那些将经验概念"固定"在经验"土壤"（如可测量、可实验的观察）中的"小根"来表示的。

按科学理论的"正统的"逻辑分析，一般都认为公设中的概念（"原始概念"），以及公设自身，只能得到部分解释。这就预设

了观察的语言（观察语言O.L.）和理论的语言（理论语言T.L.）之间的明确划分。一般都认为O.L.是得到充分理解的。的确，例如按Carnap的观点，O.L.根本没有理论负荷或被理论的假设或预设所污染。在实证主义的较早期阶段，如，在Carnap的[8]中，某种象感觉资料语言（实际上是瞬时的全部直接经验的语言）那样的东西，被建议用来作为对所有解释性的、推断性的，或理论性的命题进行检验的基础。很清楚，这是利用现代逻辑复活的Hume的"印象"论。Carnap很可能是由于受到Otto Neurath和Karl R.Popper的批评的影响，后来提出了一种主体间的物理主义的观察语言来代替那种本质上是主观主义的（方法论唯我主义的）观察语言。因而，指针读数和其他类似的客观的或主体间一致的"资料"将被用来作为观察的基础。与这些涉及主体间可观察性质和关系的词汇形成鲜明对比的是理论概念，诸如"电磁场"、"中子"、"中微子"和"旋转"之类名词只有通过例如公设、显定义、对应规则和操作定义才能得到部分的理解。按照我们图例的形象描述，存在着从观察词汇向理论概念的意义的"向上浸渗"。

大致地说，这就是有关事实科学中的理论的正统论述。这一论述为许多经验理论的公理化提供了指导线索。理论物理学[35]、生物学[40]，特别是遗传学、心理学的不同分支，特别是关于学习的理论[23]以及Suppes和他在斯坦福大学的合作者在许多学科领域中所取得的更新近的丰富的成果，所有这些，都提供了可以追求这种重建的多种方式的例子。但对于理论科学家所正在进行中的创造性的工作来说，严格的公理化到底是多么富有成果和多么具有帮助意义，则是有争议的事情。如果我们抛弃这种相对来说非正式的和"半截子"公理化——这种公理化都可以在伟大的理论发明家那里找到，如Newton，Maxwell，和Einstein

——那么完全可以这么说：科学逻辑学家的工作基本上是事后聪明。就是说，他们根据理论的逻辑结构和理论的经验基础来分析一个给定的理论，但是根本没有对所谈及的理论增加任何内容。在我看来，倒是这种相对有节制的努力在下面几个方面可能是会有帮助的：(1)它能使我们更清楚地理解一个给定的理论；这至少在教和学的过程中是非常重要的。(2)它一方面为判定一个逻辑-数理推论的正确性提供了一个精确的工具，另一方面也为判定一个证据支持（或者否证）的程度，提供了一个精确的工具。(3)既然所有真正有成果和重要的理论都不是"铁板一块的"，而是由许多逻辑上独立的公设所构成的，所以一个准确的重建可以很好地揭示出哪些公设是以什么样的经验证据为基础的。

这里必须马上指出的是，当今所有这三个论点都处在争论之中。关于(1)有些批评是针对"部分解释"的观点。首先人们坚持认为观察概念和理论概念之间的区别并不是那么明确和基本。其次，与之相关联，有人极力主张，根本没有独立于理论预设的观察陈述。Feyerabend甚至走得更远，他认为不存在任何中立的观察基础，对于理论检验来说也根本不需要任何中立的观察基础。他坚持认为理论通过相互对立而得到检验。如果真是这样的话——但我并不这样认为——那么甚至最解放的经验主义也将不得不被抛弃，而采取一种在我看来是非常成问题的唯理论。但是，依我看Feyerabend对科学理论的历史的解释言过其实了！

而且，有人认为，我们可以相当充分地理解一个科学理论，因而"向上浸渗"的教条是完全错误的。这个批评似乎有道理的一个理由在于，对理论概念和公设的理解是以类比或类比模型的使用为基础的。我当然承认类比概念和类比推理在启发与说教中的巨大重要性，但是类比概念是否是理论的实际认知内容的一部分则是一个可商榷的问题。

关于(2)，即推导的有效性的评价与理论的经验恰当性的评估的分离，我几乎看不到进行批评的任何令人满意的根据。当然，可以相信，使用别的逻辑，如多值逻辑，在这里可能会引起一些问题，但是自从有人(尤其是G.G.Hempel在*Aspects of Scientific Explanation*[《科学说明诸问题》]和"*Deductive-Nomological vs.Statistical Explanation*"["演绎律则说明与统计说明"]中)以统计学的公设为基础，给出科学说明的分析以来，我们就已经知道怎样去解释非演绎推论。这种非演绎推论在现代科学中实际上很常见，而不是一种例外。(在任何可能的地方使用测量、实验或统计设计方法来完成)有关观察对理论的证据支持或"证明"进行概念的精确分析的问题具有更大的重要性。我这里仅提一下Carnap和Popper的观点之间的根本区别。Carnap曾提出过一个建立在一组给定证据基础之上的有关一个假说的概率或确认度"逻辑"概念。Popper相信，科学知识的增长是通过对所提出的假说进行严峻的检验而发生的。并且，从这些检验中"幸存"下来的那些假说就得到了"证认"。Popper的"证认度"("degree of corroboration)与Carnap的"确认度"(degree of confirmation)不同，它不是一个概率，它并不符合概率演算原理。这两个思想流派之间的争论仍在断续进行。但是，可以清楚地看到他们都具有某种真正富有启发性的前提，实际上是在从事不同概念的重建。在统计方法范围内，不同的思想流派之间也存在着一些根本的分歧。这里可以提到"Bayes主义者"或"主观主义者"与"客观主义者"，(如那些采取了Neyman-Pearson方法的人)之间的争论。但是即使是大致地勾画出有关的各种重要的观点，也会使我们离题太远。

最后，关于第(3)点，我们面临着最先由Pierre Duhem和最近由W. V. O. Quine所提出的一些问题。他们的论点是，

理论只能从整体上得到检验。因为由观察所证实或反驳的(通常)是那个从中可以得出一个结论的理论的所有公设的合取。不应该把这个论点同由Sigmund Freud 和他的弟子们就他们所关心的领域而偶然作出的那类(颇为不可信的)断言相混淆。他们的看法是这样的：心理分析理论是"一块整钢"，即要么全部接受，要么全部抛弃。Duhem和Quine并不否认经验科学的理论是由那些逻辑上相互独立的公设所构成的，或，它们至少可以这样进行重构。他们所否认的是公设可以被独立地检验。初看起来，这似乎是合理的。因为，在检验一个公设时都预设了其他的公设。观察和实验工具的使用本身含有关于这些工具的功能的假定。在理论检验的形式化重建中，总是包含一些在给定的场合下被认为是已知成立的假设或辅助假设，或一部分背景知识。然而更进一步地看看科学研究的实际历史和过程，就可以发现，辅助假说等实际上是由先前的确认(或证认)所"保留"下来的。当然，尽管甚至很好地建立起来的假说在原则上也是难免被修正的，但当一些别的更"大胆冒险"的"假说处于批判性考察时，对那些先前已有的假说表示怀疑是很愚蠢的。例如天文学家在检验一个给定的("远离现实的")天文假说时，要依赖于他有关望远镜、分光镜、摄像机等方面的光学理论。与之类似，在检验一个量子力学或原子核理论中的一个给定的假说时，实验原子或亚原子物理学的工具(云室或泡沫室，Geiger记数器，加速器等)的功能也是被当作已知确定的东西。所有这些都是实际活动中的明智的作法。它禁止我们同时同等强烈地怀疑一切东西。更重要的是，"罪犯的确定"即"一个错误假定的发现"似乎既是实验或统计技术的目的，也是它们的本质。静止以太假说就是这样被Michelso-Morley实验以及其他一些类似的实验所反驳。假如理论物理学家不求助于特设假说，它就被确定地反驳了。Ritz关于光传播的"发

射”假说和电磁辐射假说，就是被de Sitter的双星观察所反驳的。这两个证据对于狭义相对论中的Einstein公设的辩护都是必需的。Einstein 1905年正确猜测到了de Sitter六年之后才证实的东西，这是他的天才的表现。而且有理由相信，他甚至并没有明显地利用Michelson-Morley实验的结果。不过Einstein理论的客观确认，则是依赖于这些类型的证据。

与科学理论结构的“正统”观点一起，人们也提出过有关科学说明层次方面的论述，虽然这经常是不很明确的。我在早期一篇文章*Some Remarks on the Meaning of Scientific Explanation*[“关于科学说明的意义的几点看法”]中对此也有过清楚的论述。这种论述曾被Feyerabend称为是有关理论的“千层饼”观点，这也许具有某种讽刺意味。我仍然认为这种论述是具有启发意义的，尽管它还需要修补完善。作为最初不成熟的近似说明，这一论述坚持认为，最基本的层次是由一些描述所组成的；这里，无论这些描述是以观察还是以推理为基础，这并不要紧。我们认为被说明项（Explanandum），即那些需要加以说明的个体事实或事件，甚至还包括其语言的或数学的表达式(Formulation)在这一层次上。逻辑上说来只有单个句子及其合取，才应该出现在这个层次上。紧接着在这个层次之上就是一些经验规律（决定论的或统计学的，依具体情况而定）。在对那些处在最低层次上所描述的事实或事件进行说明时，我们可以运用这些经验的（或实验的）规律。但这些说明通常给我们的印象是其意思不很大。因为它们等于是简单地把这些事实或事件归入一个按照这一经验规律所说明的类当中去，例如，透镜可以起着放大镜的作用，这一事实，可以运用Snell的光线折射定律加以说明。Snell定律利用简单的数学函项解释了入射角和折射角之间的关系。Snell定律反过来又可以从光的波动说中推导出来。光的波动理论不仅使我们可

以从中推导出折射定律，而且可以推导出传播定律、反射定律、衍射定律、干涉定律和偏振定律。更高一层次的说明可以在Maxwell的电动力学（电磁学）原理中得到，这里光现象与无线电波、红外线、紫外线、X射线、伽马(γ)射线等一起被解释为（be explained）电磁波的一个小子集。但是为了把这些光学现象理解为反射和折射，那么，就需要一个有关电波与不同类型的物质实体相互作用的理论。为达到这一点，到上世纪末原子和电子理论就应运而生。但是为了达到更充分和更精确的说明，我们可以上升一步，并且是至此为止"最高"层次，即量子物理学理论。

我认为，这种层次结构分析清楚地揭示了从经验定律向具有愈来愈大的说明力的理论的进步。可以不很严格地讲，代表一个理论的说明能力的正是这一事实与公设之比。科学说明的目的历来就是进行统一，即用最少量的理论概念和假说来综合最大量的事实和规律性。人们所取得的，特别是在物理学理论，化学理论和一定程度上新近的生物学理论方面所取得的，显著成功，鼓励着人们对说明性前提的统一体系的追求。这一目标是否可以达到当然取决于世界的本性和科学家的才能。我想，这就是Einstein在他的著名格言："上帝精明，但不邪恶"，"唯一不可理解的事情，就是世界是可以理解的"，中所考虑的东西。(Einstein的第三个很著名的精彩绝妙的警句是"上帝不掷骰子"。对于这一格言的论点，仍存在着严重的怀疑。)当今很少会有物理学家还赞同Einstein对自然界的——在"基础"上的——基本决定论的信念。可能没有基础；而且没有标准可以告诉我们，我们已经达到了基础（如果真的有基础的话！）

层次结构模型的可成立性，由于Feyerabend的批评还是受到严重影响。Feyerabend在很多年前就描述：即使在具有100%的决定论的似定律公设的理论中，也几乎不存在一个可用来表明

从较高层次到较低层次严格的可推演性的例子。理由很简单，因为在直接演绎推理中，结论中没有一个概念不是出现在前提和定义中的。我们很多人过去一直认为，定义或起桥梁作用的定律将完成这个任务。然而事实上，那些在表述上通常(在历史上)先于较高层次构造的较低层次，通常总是根据较高层次理论而得到深刻修正的。对于Newton物理学与Einstein物理学的关系，以及Maxwell电动力学与量子论电动力学的关系来说，情况正是如此。三十多年以来，我在科学哲学教程中提出这个层次模式，谈到“来自上层”而逐渐发展到较低层次似定律断言的“修改”,还必须承认的是，尽管这些修改在相关变量的特定范围内非常微小，以致于在实践中可以忽略，但超出这个范围之外，它们则变得相当有意义甚至是无限大的。而且,这很重要,不同层次理论的概念构架是如此截然不同，以至于在它们之间没有任何演绎关系。仅当起桥梁作用的定律帮助定义较低层次的概念时，这些推导才可以解释为演绎性的。

与Feyerabend不同，我们认为，在一个新理论的检验中，相关的观察陈述一定不能被那个理论所污染；也不必要有一个相竞争的替代理论。如果他坚持主张，在经验检验的多数情况中，存在着浸透着理论特征的预设；那么我将论证：仅当从深刻的认识论观点来看时，这些浸透的预设，如有关的实验仪器和实验记录的相对持久性，才是“理论性的”。并且，譬如，当我们力图通过实验来判定物理科学、生物科学或社会科学领域中相互竞争的理论时，这些预设是不成问题的。

最后，我想说：科学理论的“正统”观点可以帮助我们弄清科学理论的逻辑-数学结构，以及它们的经验确认(或否证)。应该强调指出，而不仅仅是羞羞答答地承认，科学理论的合理重建是一个高度人为的事后聪明的工作，它与那些具有创造性的科学

家的工作几乎没有什么关系。没有一个精神健全的科学哲学家会把这种类型的分析当作是理论重建的妙方。然而甚至具有创造性的科学家仍然在使用，至少是非正规地、暗含地使用，那些科学逻辑学家努力想使之成为更充分明确的逻辑经验分析与评价的标准。也许，这与一个具有创造性的音乐作曲家和一个（有关旋律配合法、合谐法等方面的）音乐理论专家之间的区别相类似；在心理学上，一件艺术品的创造和一个科学理论的创造之间具有很多共同的地方。但是，在逻辑上，仅就艺术和科学的目的如此不同来看，评价标准和准则，是根本不同的。

根据标准观点，对应规则是语义学的标示规则，它们仅为一个以前没有得到完全解释的公设系统（纯演算）提供一个经验解释。让我再一次强调，这种看待理论的方式是一种高度人为的重建，它丝毫不反映理论起源的方式。如此理解的对应规则与起桥梁作用的定律是不同的，因为后者作出了一些经验断言。例如，如果一个起桥梁作用的定律陈述了气体分子平均动能和由温差所决定的气体温度之间的关系，那么逻辑上讲，这就是一个偶然的经验规律性的事情。然而，在一个完善的热学理论中，如在统计学和量子力学理论中，温度计物质，如酒精、水银以及气体的活动，原则上是可以推导的。因而，起着桥梁作用的规律应该看作是各个对应理论的定理。这也可以表达为：因此取得了经验概念与理论概念的逻辑上偶然的一致。这无疑是经验定律向理论以及较低层次理论向较高层次理论还原的部分内容。光线理论（光学）就是这样还原为电磁波理论的，或者说，光线就等同于具有一定波长和频率的电磁波。与之类似，普通（结晶）食盐被等同于钠原子和氯原子等的三维点阵，如此等等。心理学向神经生理学的（部分）还原，无论在科学上，还是在哲学上都是有问题和引起争论的，但是，如果它一旦成功，那么它将包含直接经验的性质与某

种类型的神经过程的等同。这样，在一个完整的知觉理论中，就可以将观察资料描述为大脑状态的直接亲知的方面了。

参考文献

(1)Achinstein, Peter. *Concepts of Science*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1968.

(2)Achinstein, Peter, and Stephen F.Barker, eds. *The Legacy of Logical Positivism*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1969.

(3)Braithwaite, R. B. *Scientific Explanation*. Cambriage: Cambriage University Press, 1968.

(4)Bridgman, P. W. *The Logic of Modern Physics*. New York: Macmillan, 1927.

(5)Briagman, P. W. *The Nature of Physical theory*. Princetor, N.J.: Princeton University Press, 1936.

(6)Bunge, Mario. *The Foundations of Physics*. Berlin, Heidelberg, and New York: Springer, 1967.

(7)Campbell, Norman Robert. Physics: *The Elements*. Cambridge: Cambridge University Press, 1920.

(8)Carnap, Rudolf. *Der Logische Aufbau der Welt*. Berlin-Schlachtensee: Weitkreis-Verlag, 1928.

(9)Carnap, Rudolf. *Foundations of Logic and Methematics*, Vol. I, No.3 of *the Inter-national Encyclopedia of Unified Science*, Chicago: University of Chicago Press, 1939.

(10)Carnap, Rudolf. "The Methodological Character of Theoretical Concepts" in H. Feigl and M.Scriven, eds., *Minnesota Studies in the Ph: losophy of Science*, Vol, I. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1956.

(11)Carnap,Rudolf. *Philosophical Foundations of Physics*. New York: Basic Books, 1966.

(12)Carnap, Rudolf. "Ueber die Aufgabe der Physik und die Anwendung des Grundstatzes der Einfachstheit", *Kant-Studien*［载于《康德研究》］,28(1923),90-107.

(13)Colodny,Robert G., ed. *Beyond the Edge of Certainty*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1965.

(14)Feigl, Herbert. "Some Remarks on the Meaning of Scientific Explanation", in H.Feigl and W.Sellars,,eds, *Readings in Philosophical Analysis* New York: Appleton-Century-Crofts, 1949.

(15)Feigl, Herbert "Comfirmability and Comfirmation" in P.P.Wiener, ed., *Readings in Philosophy of Science.*, New York: Scribner's, 1953.
(16)Feigl, Herbert. The "Mental" and the "Physical": The Essay and a Postscript., Minneapois: University of Minnesota press, 1967.
(17)Feyerabend, Paul K. "Problems of Empiricism", in R.G.Colodny, ed., *Beyond the Edge of Certainty*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1965.
(18)Feyerabend, Paul K. "How to Be a Good Empiricist—A Plea for Tolerance in Matters Epistemological" in B. Baumrin, ed., *Philosophy of Sciewce: The Delaware Seminar*, Vol.2, New York: Wiley, 1963.
(19)Grünbaum, Adolf. *Philosophica Problems of Space and Time*. New York: Knopf, 1963.
(20)Hempel, Car G. *Aspests of Scientific Explanation*. New York: Free Press, 1965.
(21)Hempel, Car G. "Deductive-Nomological Vs. Statistical Explanation", in H.Feigel and G.Maxwell, eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. Ⅲ, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1962.
(22)Hewpel, Car G. *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1952.
(23)Hull, Clark L., etal. *Mathematico-Peductive Theory of Rote Learning* New Haven, Conn.: Yale University Press, 1940.
(24)Korner, Stephan, *Exyerience and Theory*. New York, Humanities, 1966.
(25)Lensen, V.F., *The Nature of Physical Theoty*. New York: Wiley, 1931.
(26)Margenau, Henry. *The Nature of Physical Reality*. New York McGraw-Hill, 1950.
(27)Mehlberg, Henryk. *The Reach of Science*. Toronto: University of Toronto Press, 1958.
(28)Nagel, Ernest. *The Structure of Science*. New York: Harcowrt, Brace and World, 1961.
(29)Northrop, F. S. C. *The Logic of the Sciences and the Humanities*. New York: Macmillan, 1947.
(30)Pap, Arthur. *An Introduction to the Philosophy of Science*. New York: Free Press, 1962.
(31)Poincare, Henri. *Science and Hypothesis*. New York: Dover, 1952.
(32)Poincare, Henri. *Science and Method*. New York: Dover, 1952.

(33)Popper, Karl R. *Conjectures and Refutations*. New York: Basic Books, 1962.

(34)Popper, Karl R. *The logic of Scientific Discovery*. New York: Harper, 1959.

(35)Reichenbach, Hans. *Axiomatik der relativi-Stischen Raum-Zeitlehre*. Braunschweig: Vieweg, 1924.

(36)Reichenbach, Hans. *Experience and Prediction*. Chicago: University of Chicago Press, 1938.

(37)Scheffler, Israel. *The Anatomy of Inquiry*, New York: Knopf, 1963.

(38)Schlick, Moritz. *Allgemeines Erkenntnislehre*. 2nd ed. Berlin: Springer, 1925(Ist ed.1918).

(39)Smart, J.J.C. *Between Science and Philosophy*. New York: Random House, 1968.

(40)Woodger, Joseph Henry. *The Techniques of Theory Construction*, Chicago: University of Chicago Press, 1939.

蒋临夏 译

曹秋华 校



第　二　篇

语义学的理论观



关于科学理论结构的公认观点有什么错误？*

Frederick Suppe

Achinstein，Putnam和其他人一直极力主张抛弃关于理论的公认观点（这种观点把理论解释为公理演算，其中理论名词通过对应规则而得到部分的观察解释），因为（i）部分解释的观念不能够得到精确的表述，并且（ii）观察和理论的区别也不能够令人满意地作出划分。我试图证明的是：抛弃公认观点的这些理由是错误的，因为（i）是假的，并且实际上不可能论证（ii）真。虽然如此，这个公认观点还是应该被抛弃，因为它模糊了科学理论化的一些认识论上的重要特征。我通过草拟另一种揭示这些重要特征中的某些特征的分析来证明这一点，并且给科学理论化描绘一幅更为真实的图画。

有一段时间，关于科学理论的公认观点一直是：理论应该被解释为公理演算，其中，理论名词通过对应规则而得到部分的观察解释；构成这一分析的基础是把理论的非逻辑词项严格地分为观察词汇和理论词汇。最近，Putnam，Achinstein和其他人一直极力主张抛弃公认观点对科学理论的分析，理由是：（i）所采

---

* 译自*Philosophy of Science*［《科学哲学》］，Vol.39，No.1，March，1972年。——译注

用的部分解释的观念不能够得到适合于公认观点的精确的表述，并且（ii）观察和理论的区别也不能够令人满意地作出划分。①本文主张：公认观点不能令人满意，应该被抛弃，但是抛弃它的理由（i）和理由（ii）却是错误的。本文的第一部分断言理由（i）是假的，并且实际上不可能确立理由（ii）。第二部分试图证明，尽管如此，公认观点还是不能令人满意，应该被抛弃，因为它对观察和理论区别的依赖使得它模糊了科学理论结构的一些认识论上重要并且具有启示性的特征。在提出后一断言的证明过程中，对科学理论的认识论结构提出了更充分的说明。

一

Achinstein和Putnam为了支持抛弃公认观点的理由（i）所提出的论证是从评述公认观点的辩护者一直没有把部分解释的观念说清楚开始的，进而考虑了这一概念的一些可能的解释，然后证明它们对于公认观点来说并不恰当（[1], pp.85—91, [19], pp.244—248.）。在[24]中，我对部分解释作了精确的说明，

---

① 参看[19]和[1]（见本文后的参考书目——译注），pp.85—91,157—158,197—202；[1]对Achinstein关于这个问题的早期著作作了小小的修改。在[19]中，Putnam也极力主张，观察和理论的区别是站不住脚的，因为无论是给非观察名词的类标之以"理论名词"，还是把仅仅以观察词汇所表述的语句和仅仅以理论词汇所表述的语句分别表征为观察语句和理论语句都会使人误解。虽然这是真的，但并非必然就会导致公认观点的抛弃。在[1], pp.199—201中，Achinstein提出，如果我们在分析理论时避免依赖观察和理论的区别，那么，在认识论上将更具有启示性，虽然他把这一点作为他支持（ii）的论证中的一个推论。在这两个例子中，他们主张应该抛弃公认观点的论点，其力量就在于确立（i）和（ii），我们将集中讨论这些论证。

谨向对本文原草稿提出过有益意见的Nicholas Georgalis先生和我的同事Thomas Nickles教授和Robert Stalnaker教授表示感谢。谨向提出过各种改进意见的本期杂志编辑表示感谢。

它对公认观点来说是恰当的。我在这里并不想重复这一论述，我只是根据[24]断言理由(i)是假的，并且把我的注意力限于理由(ii)

Achinstein和Putnam为支持理由(ii)所提出的论证([1]，第5、6章，pp.240—244)试图证明

(a)观察和理论的区别不能按照科学名词的日常用法来划分。

当然，由(a)得出理由(ii)只有当作出下面进一步的假定时才行

(b)为了使公认观点能够站得住脚，观察和理论的区别必须按照科学名词的日常用法来划分。

在[1]或[9]中这后一假定既不明确，也没有得到论证。就这一点而论，Achinstein和Putnam并没有证明他们自己的立场。但是我希望确立更强的论证——(a)是真的，而确立(b)实际上是不可能的。然而，我并不想把我的断言即(a)是真的建立在他们论证的基础上；因为我发现这些论证并非尽如人意：Achinstein的论证仅仅只是证明，不能按照Carnap和其他人所提出的方法把观察和理论的区别建立在日常用法的基础上，并因此而得出了一个比(a)还弱的结论；而Putnam的论证则包含了许多漏洞。相反，我将把他们提出的各种理由提炼成一种对(a)来说更加严谨、更强的论证；然后，我将利用这一论证的要点来证明，(b)实际上不可能确立。

为了证明我对(a)和(b)所作的结论，需要对公认观点作更为详细的表征。许多作者，包括Braithwaite([2]，pp.22 ff.)，Campbell([4]，Ch.6)，Carnap(例如[5]，p.43)，Duhem([7]，p.19)，Hempel([9]，[10])，Hesse([11]，[12])，Kaplan([13]，pp.298—299)，Margenau([15])，

Nagel（[16]，p.90），Northrop[17]，Ramsay（[21]，pp.212—236），和Reichenbach（[22]，Ch.8）对公认观点都提出过各种解释。虽然在公认观点的这些解释中有许多不同之处（有些很重要），① 但它们中间还是有一种实质上一致的核心。特别是，公认观点的绝大多数支持者可能会同意下面的观点：公认观点不是作为对理论在实际的科学实践中怎样被构述的描述性说明而提出来的；毋宁说它对理论提出了一个标准的语言构述，并且断言任何科学理论都可以按照这种标准的方式给予一个实质上等值的重新构述。照此，公认观点是作为对科学理论概念的诠释而提出来的。② 此外，还有人主张对理论的这种标准的语言构述将展示科学理论基本的认识特征。这样的一种标准的语言构述将会有下列认识论上具有启示性的特征：（1）理论由用语言L所构述的理论定律和对应规则所构成③，（2）L的非逻辑词汇可以完全区分为观察词汇V_0（由直接指称可观察的属性或实体的名词所构成），和理论词汇V_T，（由指称那些不能直接观察到的属性或实体的名词所构成）；（3）理论的定律被构述为L的这样一些语句，其非逻辑的名词仅仅来自V_T；（4）

---

① 主要的不一致是关于对应规则的形式。Campbell，Nagel，Hesse和Kaplan都主张，理论除了要满足下面（1）—（6）的条件外，还必须具有可以切实感到的或具体的模型。Kaplan和其他的作者不同，因为他主张这一分析只对一种类型的理论有效。Hempel不再坚持公认观点，他现在采取一种类似的立场，按照这一立场，观察和理论的区别被不是基于直接观察来划分名词的另一种区分所代替；详细内容参看[8]。

② 对这一断言的评价，参看我的[23]，pp.38—46。

③ 在公认观点的许多解释中，语言L被假定为是一种像一阶谓词演算再加上模态算子这样的符号语言（例如，在Carnap[5]中）；其他作者允许L是一种像科技英语这样的自然语言。显然，使用符号语言的促动因素是：符号逻辑有更高的精确度和更为精确的演绎方法。我们下面还会看到，观察和理论名词区分的可能性在某种程度上取决于L是自然语言还是人工语言。

对应规则被构述为L中既包含V_0也包含V_T的名词的语句，并且旨在体现各种实验程序等等，以便将理论定律应用于直接可观察的现象①；（5）V_0名词的意义完全根据与它们相对应的直接可观察的属性或实体来加以规定；（6）没有直接观察的解释或意义赋给V_T名词，V_T名词通过对应规则和理论定律得到间接的、部分的经验解释。

公认观点的要求（2）规定将L的非逻辑名词区分为两个互不相交的类——观察名词和理论名词。由于这一区别是公认观点分析的核心，因此，人们可以期望，当公认观点的支持者提出公认观点时，他们可能已经广泛讨论了这种区分的性质和赖以区分的基础。然而，实际上，对于什么算作观察名词，什么算作理论名词，人们在文献中通常所看到的只是少数的几个例子。就我所看到的公认观点的一个支持者所提出的观察和理论区别的最广泛的论述是在Carnap的*Philosophical Foundations of Physics*[《物理学的哲学基础》]一书中。Carnap首先阐明"'可观察的'一词常常用于可以直接观察的现象"([6], p.225；着重号为引者所加)。然后，他评述道，"可观察的"这种用法不是科学家的用法，而他倾向于在非常窄的意义上将这一术语"应用于像'蓝'、'硬'、'热'等这样一些""直接为感官所感知的性质上"(出处同上)。在捍卫他关于"可观察的"一词的有点特别的意义时，他说：

> 谁[哲学家或科学家]在正确地或恰当地使用"可观察的"一词是没有疑问的。有一个连续统一体，它从直接的感觉观察报告开始，进而到极为复杂的、间接的观察方法。显然，在

① 对应规则被不同作者称为协调定义，词典，解释系统，操作定义，认识相关和解释规则。绝大多数的作者对这些对应规则所具有的形式作了进一步的限制。

这个连续统一体上不可能拦腰划一道泾渭分明的界线，它是一个程度问题……。一般来说，同哲学家狭小的意义相比，物理学家是在非常广泛的意义上谈论可观察的对象的；但无论是对哲学家还是对物理学家来说，划分可观察和不可观察对象的界限有很大的主观性。(出处同上p.226)

至此，Carnap一直在论述"可观察的"一词的用法，和它对属性、事物、事件、物体等的应用，并断言他正在将这一术语应用于可以直接为感官所感知的属性和实体等；由此推出属性、实体、事件、物体等都应该分为两类——可观察的和不可观察的。按照这一区别，Carnap把L的非逻辑常项区分为两类：

V_0的名词是标示事件或事物的可观察性质（如"蓝"、"热"、"大"等）或它们之间的可观察的关系（如"x热于y"，"x与y相邻"等）的谓词。([5]，p.40)

另一方面，V_T包括理论名词，它们常常被称为"理论构件"或"假设构件"，用来指称电子等这样的实体和它们的属性。词汇V_0和V_T把L的非逻辑常项彻底分为二类：一类指称可观察的属性或实体，一类指称不可观察的或理论的实体或属性。

Carnap显然认为，可以根据例如科技英语中的非逻辑名词的标准用法把它们区分为V_0和V_T，例如，Carnap写道：

人们多年前就发现，把一种科技语言的名词分为主要的三类是有用的。

1.逻辑名词，包括全部的数学名词。

2.可观察的名词，或O-名词。

3.理论名词，或T-名词（有时称之为"件"）。

当然，正如前面几章里一直强调的，的确没有明确的界线把O-名词同T-名词区别开来。精确界线的选择是有点主观的。然而，从实践的观点看，它们的区别往往是明显的。

> 每个人都会同意，表示性质的词，如“蓝”、“硬”、“冷”，和表示关系的词，如“更暖”、“更重”、“更明亮”，都是O-名词，而“电荷”、“质子”、“电磁场”则是指称不能用比较简单的、直接的方式观察到的实体的T-名词。([6]，P.259，着重号为引者所加)

这样，V_O将包括科学的自然语言——如科技英语——的所有那些按其正常用法指称可观察对象的名词，而V_T将包括该语言的所有按其正常用法指称不可观察对象的非逻辑的名词；此外，V_O和V_T一起穷尽了语言L的非逻辑名词（参看上面的要求(2)）①。这样，公认观点似乎预先假定可以按照日常用法将科学的自然语言（如科技英语）的非逻辑名词区分为理论的和观察的名词。当然，公认观点是否有必要作出这种预先的假定还有待考虑。

虽然Carnap通常没有把这一点说清楚，但从这一论述中还是可以明显地看到观察和理论的区分是双重的二分法区分。首先，是将实体、性质等区分为可以直接观察的和不能直接观察的。其次，是将像科技英语这样的科学的自然语言中的名词区分为互不相交的两类——观察名词和理论名词。这两种区分必须彼此对应，即一个名词只有当它仅仅用于指称直接可观察的属性或实体时，它才可以包括在观察名词之中。或者，换句话说，名词是按照将属性和实体区分为直接可观察的和非直接可观察的区分作出的。(如果采用人工语言L，那么，在建立L时，我们就把L的非逻辑常项区分为那些允许代表、简写或者对应于，比方说科技英语的观察名词的名词和那些不允许这么做的名词。)

---

① 如果公认观点的规范构述中所使用的L是Carnap在[5]中所使用的那种符号语言的话，那么V_O可能将包括和例如英语观察名词相对应的谓词，而V_T可能将包括和例如英语理论名词相对应的谓词。因此，不管公认观点所使用的L是自然语言还是人工语言，V_O—V_T的区别显然还是要按照某种自然语言的标准用法来划分。

观察和理论的二分法是一种可行的二分法吗？对这个问题的回答取决于对下面三个附加问题能够给予什么样的回答：（1）有可能将实体和属性按照它们是直接可观察的还是不是直接可观察的来一分为二吗？如果有可能的话，这种二分法的性质是什么？（2）在正常科学的用法下，名词，例如科技英语的名词，真的可以区分为观察的和理论的吗？（3）如果对前面两个问题的回答是肯定的，那么这两种区分有共同的外延吗？

（1）在上面所引用的一段话中，Carnap提出，是蓝的的性质是一个典型的可观察的性质，他的意思是说，它是这样一种性质，这种性质的存在不需要求助于复杂的仪器就可以直接弄清。但是这太不精确了。他是在断言，如果一种性质的存在有时是通过直接观察就可以弄清的话，它就是可观察的吗？或者，它必须总是可这样弄清吗？如果他的意思是指后者，那么是蓝的的性质就不是直接可观察的；虽然在很多情况下我可以直接弄清事物是否是蓝的，但是当物体小到一定程度时，这么做就是不可能的了。同样，再考虑一下Carnap的另一个典型的例子，热于。虽然在有些情况下，我可以直接弄清某物热于他物（例如，调节莲蓬头前和调节后它所喷射的水），但是还是有大量的情况，原则上不可能直接观察到某物热于他物，因为我的感觉器官在那些温度下不起作用。例如，虽然－250°C的物体热于－273°C的物体，但我不可能直接观察到这样的情况，即使允许求助于简单的仪器。同样，我也不可能直接观察到，太阳的一部分热于另一部分。既然直接观察排除了对精巧的仪表设备和摄谱仪数据的依赖，如此等等，因而，为了直接观察到太阳的一部分热于另一部分，我就不得不到太阳表面的那些地方去比较它们的热度。但是这非人力所能为。最起码，我必须穿上只允许不至于威胁生命的热量传到我身上的防护服；但这样一来，我正在直接观察到的是当我在一个地

点时，我的宇宙飞行服里面的空气热于我在第一个地点时的空气，而不是太阳的一部分热于另一部分。后一种情况只能间接确定——例如，利用我的防护服的已知的热传导性质。结论就是：即使有可能通过直接观察来确定一种具体属性在一定的情形下是否存在，但同样的属性常常会存在于原则上不可能（通过直接观察）来确定它存在还是不存在的情形中。

既然 Carnap 把诸如是蓝的和热于这样的属性看成是直接可观察属性的典型例子，因而可以得出：人们不必在原则上能够通过直接观察弄清一个直接可观察的属性是否在每一种它可能存在的情形中都存在；而是要求，在有些情形中，原则上有可能通过直接观察弄清这一属性是否存在。既然将属性严格地区分为直接可观察的和非直接可观察的（为了方便起见，我们称之为不可观察的东西），因而可以得出如果一个属性对于它可能存在的每一种情形，原则上都不可能通过直接观察弄清它是否存在的话，那么它就是不可观察的。这样，例如，既然有可能直接观察到在某些情形下某些气体的存在（如我可以嗅出硫磺气体的气味），因而是一种气体的性质就一定是直接可观察的。既然我通过把手指伸进一个插座口里可以直接观察到电荷的存在，因而是带有电荷的就是直接可观察的，同样，既然我们有时可以直接观察到静电、力、加速度、地球引力等的存在，因而它们就可以看作是直接可观察的①。但是，既然我们现在不得不把那些显然应该当作不可

① 我可以想像得出，公认观点的一些支持者会在这里提出申明：我不是直接观察到，如某物是气体，而毋宁说我是观察到这一气体存在的某些表现形式；因此，是一种气体的性质决不可能直接观察到。但这一论证是错误的：因为，如果这是合理的，那么论证我不是直接观察到某物是硬的，毋宁说我是观察到这个物体是硬的某些表现形式似乎同样也是合理的；因而，一类东西不可（转下页注）

观察的各种属性当作了直接可观察的属性，因而上述这些显然是不能令人满意的。

总之，如果我们要求，为了使一种属性是直接可观察的，它的存在必须始终是原则上通过直接观察可弄清的话，那么，典型的直接可观察的东西（如是蓝的性质）就不能看作是直接可观察的；如果我们仅仅要求，它们的存在有时是这般可弄清楚的，那么，典型的不可直接观察的东西（例如是一种气体的性质）就变成直接可观察的东西了。

我们在试图给可观察的和不可观察的性质等划界时所遇到的问题源于这一事实：和科学相关联的许多属性的出现有时是直接可观察的有时又是不可直接观察的，这一事实使得任何可观察的和不可观察的东西的自然划分成为不可能。如果打算作出观察和非观察的区别的话，那么，这一意见就暗示，应该根据属性的出现而不应该完全根据属性来划分界线。那么，也许根据人的感觉器官分辨力的局限，我们应该说，这一属性出现是可观察的，而那一属性出现是不可观察的。这样，我们可以说，蓝的性质的出现是可观察的，如果它代表比区域A更大的区域的话；或者，对于在某个范围之内的物体来说，一个比另一个更长的属性是一个直接可观察的属性出现，但是，如果物体太大或者太小，一个比另一个更长就不是一个直接可观察的属性出现。假定这可以通过某种足够精确的和一般的方式（这决不是明显的）办到的话，那么就有可能区别

(接上页注)

能直接观察到是硬的性质，所以它不是一种直接可观察的性质——正好和Carnap把它作为一个直接可观察的性质的典型例子的这一事实相反。

还应该注意到，公认观点并没有把直接观察限于视觉；可以通过任何感官进行直接观察，正如上面所引用的Carnap自己所举的例子所阐明的那样。

虽然这里所进行的论证是关于属性的，但对于实体显然也可以进行类似的论证，并得出同样的结论；为了使说明简洁起见，我们只提出对属性的论证。

属性和实体的可观察的出现和不可观察的出现。我们在这里所做的事实上是根据旧属性(如红)来给两个新属性(如可观察的红和不可观察的红)下定义，并且用两个新属性来代替旧属性。这样，我们就可以说谷仓有是O-红(可观察的红)的性质，而在另一方面，用显微镜可以看见的血点是N-红的(不可观察的红)。当然，这会得出异乎寻常的结论。如果我取一个最小面积的O-红的物体，并将它砸碎，它的碎片将不是O-红的，而是N-红的。如果我把一些N-红的血点集中在一起，我就可以得到一个O-红的血斑。至于说到关系，所遇到的情景就更为复杂。如果我在时间t'把一个物体加热到一定的程度，它就会O-热于它在时间t，但是，如果我在时间t''把这一物体再加热的话，这一物体就有可能太热，以致于不能再用“O-热于”了；在这种情况下，这一物体在时间t''也许会N-热于它在时间t。我们不得不采取某种措施以允许性质的不可观察的出现和可观察的出现之间进行比较，同样，对那些其应用跨越可观察的、不可观察的边界的比较关系，也要采取某种措施。这一提议是否可行还不清楚，但显然，如果它是可行的，它将是相当复杂的。基于上面所提出的理由，同样明显的是，如果我们想得到像Carnap所需要的那种关于属性的观察和非观察的二分法的区分的话，那么将属性的出现作某种可观察的和不可观察的划分就是必不可少的了。

(2)既然只有当能够满意地将性质等区分为可观察的和不可观察的时，才有可能按照Carnap的方法作出观察和理论名词的区分，那么就让我们假定已经按照上面提出的大致方法作出了二分法的区分。那么，名词的自然区分真的可在此基础上作出吗？和上面所提出的问题相类似的语言问题现在摆在了我们的面前。由于我们可以使用典型的观察名词，如“蓝”、“热于”等来指称性质的可观察的出现和不可观察的出现(在(1)的论述

中，我们正是按照这种方式来使用这样的名词的)，因此我们面临着两种选择：我们可以按照名词的自然用法来使用它们——在这种情况下，观察名词有时有不可观察的所指对象，理论名词有时有可观察的所指对象——或者，我们可以采用特殊的用法——比方说“红$_{o}$”和“红$_{t}$”以及其使用规则：前者只可用来指称红的可观察的出现，后者只可用来指称红的不可观察的出现。选择后者将会要求给这一语言引入相当复杂的语义规则，包括使我们能够比较地使用如“红$_{o}$”和“红$_{t}$”的规则。能否规定足够精确的和一般的规则还不得而知。

(3)当我们转向(1)和(2)所论述的区分是否有同样的外延的问题时，上面的论述马上导致下面的结论：按照日常语言的用法，并不存在观察名词和理论名词之间与可观察的和不可观察的属性和实体之间，或者属性和实体的可观察的出现和不可观察的出现之间的合理区别同外延的自然区分。只有在人工的或者重新构造的语言L中，才有可能自然地作出这种区别。由此得出了断言(a)为真。

众所周知，Carnap和绝大多数公认观点的支持者对于把日常用法看作是进行哲学分析的精确手段并不怎么重视，因而，只要能够以某种其他的方式作出可行的观察和理论的区别，断言(a)为真似乎就不会使他们感到不安。因为，如果这是可能的，那么他们在假定可以按照日常用法来作出区别时所犯的错误本质上就不会真正危及公认观点的坚持。能够以某种其他的方式来作出观察和理论的区别吗？也就是说，断言(b)的情况如何？

观察和理论区别的潜在的促动因素是这样一种观点：描述直接可观察的东西的陈述为真，相对而言，不成问题，而在另一方面，那些描述不能直接观察的东西的陈述为真则较成问题；此外，科学理论的证实最终必须依赖由感官所提供的没有疑问的证

据。因此，任何观察和理论的区别，只要它反映了建立在感官基础之上的直接可证实的非逻辑陈述和不可这样证实的非逻辑陈述之间的划分，那么对于公认观点的支持者来说它就应该是可以接受的。名词的二分法的区分——相应于我们直觉上看成是属性和实体的可观察的出现和不可观察的出现的区分——尤其应该合乎公认观点的要求。我们上面的论述使人不难理解，这样的区别必须大致按照上面的（1）和（2）中所草拟的路线进行。这样，论证断言（b）假就等于证明，不可能按照属性和实体的出现作出这样的区别，而这又等于证明，（1）中所提出的那种属性和实体的出现的划分是不可能的。

人们怎样证明这样一种划分是不可能的？要证明任何这样的划分将是一种“人工的”约定是不行的，因为Carnap和其他人承认任何这样的划分都是一种“人工的”约定。要讨论介乎两者之间的情形的问题也不行，因为有人，如Carnap就可以承认这些情形，并且对怎样处理这些情形作出老生常谈、平淡无奇的决定。要考虑提出的各种划分并且对它们进行抨击，也无法论证作出这样一种区别是不可能的。事实上，能够证明这样一种划分是不可能的唯一方式似乎是，或者证明这一划分的任何有限的表征都是不可能的，或者证明任何明显地使可观察事件成为直接可观察事件的可能划分都会导致极为贫乏的可观察事件，使得绝大部分科学无法得到确认。成功地论证这两种观点中的任何一个的可能性似乎相当遥远。因此，要确立断言（b）似乎实际上是不可能的。既然只有当断言（b）能够确立时，断言（a）才导致理由（ii），由此可以得出，抛弃公认观点的理由（ii）一直没有确立。这一点再加上理由（i）是假的这一事实，就是以有理由作出结论：Achinstein和Putnam极力主张抛弃公认观点的理由是错误的。

二

我们对观察和理论区别的考虑清楚地说明，如果这一区别能够以合乎公认观点之要求的方式作出的话，那么事情也将是极为复杂的。事实是，科学想方设法在不使自己陷入这样错综复杂的情况下来解决它自己的问题，这就暗示，这一区别实际上并不是科学所需要的或者所要预先假定的，而且，这对科学理论的恰当分析也是无关紧要的。那么，问题就在于：观察和理论的区别对于理论的认识论结构的恰当分析是否是必要的。更准确地说，不运用观察和理论区别而进行那种在认识论上比公认观点更具有启示性的理论结构分析是可能的吗？如果能够证明这样一种分析是可能的，那么，我认为我们就有充分的理由抛弃公认观点。

那些断言观察和理论的区别是科学理论的恰当分析必不可少的组成部分的人显然是用下列论证来为他们的论点作辩护的①：

> 发展科学理论是为了说明或预测可观察事件；然而，为了简明、适用范围广泛和经济起见，这样的理论在提出这些说明和预测时，一般必须运用理论实体或构件；这些理论构件并不是直接可观察的。因此，人们在任何理论说明或预测中都可以找到两种语句：(a)各种前提，其真值由于它们为直接观察所确认因而没有疑问；(b)各种定律，其真值由于它们不能通过直接观察来确认因而有疑问。这就有必要用观察和理论的区别来区分这两种语句的不同情况。

这幅图画部分地讲是正确的。显然，情况的确是这样，在理

---

① 以前有个时期，公认观点的支持者也曾可以通过求助于对认识意义的考虑和关于语言习得的论题来对引进两分法的区分进行辩护。对认识意义进行实证主义叙述的明显失败和关于语言习得论题的不真实使得公认观点的辩护者应该基于这些理由对这一区分进行论证变得既不可能也不受欢迎。

论说明和预测(当预测是为了检验理论时，后者尤其如此)中所使用的定律的真值常常是有疑问的，而另一方面，和定律一起使用的提供证据的前提的真值则被假定是没有疑问的。至此，二分法论者的论证是合乎要求的。但由此推断上述前提由于是观察陈述因而是没有疑问的，而定律由于是非观察陈述因而是有疑问的却是没有根据的)，因为这等于是在论证中假定了一个附加的前提：是没有疑问的也就等于是观察陈述。这一前提不仅用未经证明的假定来作为论据，而且似乎也是假的。为了说明和预测，全部的要求就在于：和理论一起使用的资料前提必须被看作是相当于提供预测或说明的理论或定律来说是没有疑问的。也就是说，在把理论(或定律)应用于现象时，我们所要做的就是收集关于现象的资料；收集资料的过程常常要求助于许许多多相当复杂的理论。如果实验的设计、控制、检测仪器——和可能涉及的可靠性检验——的公认判据被付诸实施，就在实验中得到一批"硬"资料，并视之为相对来说是没有疑问的；有时普遍接受的定律或理论也被用来获取这些"硬"资料。① 理论所要应用的对象正是这批"硬"资料。如果理论应用的目的是说明的话，那么理论就通过将这组"硬"资料与其他"硬"资料联系起来的办法，来说明前组"硬"资料所描述的事件，而"其他'硬'资料"的作用就是描述其他特征——这些特征是所描述事件的原因。② 如果理论应用的目的是预测，那么，初始的"硬"资料就会被用作前提，从这些前提中可以得出关于人们随后可能得到的"硬"资料的预

① 这一论述得益于和Don E. Dulany教授的谈话。关于Putnam对使用这样的辅助假设的叙述参看[18]；有关的论述还可参看[30]。——原注

② 关于资料在说明中的作用的这一粗略表征取决于这样一种意见——它在关于说明的文献中考虑得并不充分——说明并非说明事件本身，毋宁说是说明被特殊描述的事件。虽然在这里论证这一点超出了本文的范围，但这种意见显然可以用来证明：说明和预测之间的所谓对称性崩溃瓦解了。

测。这些“硬”资料可以有相当多的理论负荷，因而是非直接可观察的。此外，算做“硬的”或没有疑问的资料是相比较而言的——因为如果理论预测失败了，我们也可以逐渐再把这种资料看作是有问题的。①这样，相应的区别是在“硬”资料和更成问题的理论之间，而不是在直接可观察的和非直接可观察的东西之间。因此，理论的对应规则不应该把直接观察陈述和理论陈述联结起来，而应该把“硬”资料和理论陈述联结起来。这样，观察和理论的区别对于科学理论结构的恰当分析似乎就不再是必不可少的了。

虽然这种论证的路线可能是有启发性的，但它还是不能确立公认观点的不恰当性。因为公认观点的辩护者可以接受这种论证的路线，但依然否认其结论，论证如下："在实际的科学实践中，理论的确是与‘硬’资料相对立的。但是，使这些资料变‘硬’的原因却是因为它们最终依赖于直接可观察的证据，而在公认观点的理论重构中，‘硬’资料对于感觉的直接证据的依赖性就是在对应规则中反映出来的。当然，甚至‘硬’资料的相对性也可以根据对应规则中的变化来调整。"几乎无需怀疑这可以加进对应规则，但相应的问题是：这是否能够在不模糊科学理论化的重要的认识论特征的情况下做到。当人们考虑到理论对相关的各门科学的结果和程序的依赖性、实验设计、理论解释、校验程序等全都要集中到对应规则中去的时候，似乎有理由怀疑，如果这么做了，那么科学理论化的一些认识论上重要并且具有启示性的方面将会弄得模糊不清。

而我要主张的是，的确如此：因为公认观点对对应规则的叙述依赖于观察和理论的区别，所以，它必须将科学事业的一些大

① 关于这一点的论述请参看Quine[20]的导言。

不相同的方面结合在一起，从而模糊了科学理论化的一些认识论上重要并且具有启示性的方面。为了支持这一论点，有必要对科学理论草拟另一个可供选择的更为充分的叙述，这一叙述将揭示公认观点对对应规则的论述模糊了哪些方面。物理系统的概念给我们提供了草拟和解释这一可供选择的叙述的方便的起点。一门科学并不按照现象的全部复杂性来处理现象，而是仅仅涉及那些其行为取决于或代表从这些现象中抽象出来的少数参数的特定种类的现象。这样，在表征落体时，经典粒子力学所涉及的仅仅只是落体行为中依赖于质量、速度、随时间而变化的距离等的那些方面。物体的颜色等是现象中不被理睬的方面。而对现象的抽象过程再深入一步——我们不涉及实际的速度等，而只涉及理想化条件下的速度（如在一个无摩擦的环境中，一个物体如果它集中在一个没有广延性的点上它所可能具有的质量，等）。这样，例如，经典粒子力学所涉及的是在一个真空中相互作用的没有广延性的质点的孤立系统的行为，其中，这些质点的行为仅仅取决于它们在给定时间的位置和动量。一个经典粒子力学的物理系统是由这样一个正在经历随时间而变化的具体行为的质点系统所构成。这样，物理系统就是现象极为抽象的并且理想化了的复制品，是对假如理想化条件得到满足的话，现象可能会怎样变化的表征。例如，经典粒子力学就是这样借助于和现象相对应的物理系统来表征它领域里的现象的。

在论证科学理论旨在表征物理系统的行为，而不是现象的行为时，我举出经典粒子力学的例子——Quine称之为一个“极限神话”[limit myth]——似乎使事情变得太简单了，因而特别适合于我的论述。① 简单地考虑少数几个例子将会表明，事实并

① 谨向指出有必要考虑这种诘难的本期杂志编辑表示谢忱。

非如此，并显示我的论述的一般性。首先，经典热力学、统计力学和量子力学实质上体现了同样的"极限神话"，并且可以很容易表明我的论述适于它的（详细内容参看[23]，第三章）。第二，气体定律（如Boyle定律和Charles定律）描述了理想气体，而不是真实气体的行为；它们还被用来处理实际的气体。这里，这些定律所描述的理想气体是物理系统，并且服从于适当的实验设计等，它们作为理想化了的复制品对应于实际的气体。第三，化学反应的化合价理论描述了理论上纯化学物质在一起反应的方式。但这样的纯物质是虚构的理想事物，实际化学反应中的物质始终只是这些虚构的理想事物的近似值。化合价理论描述的物理系统是理论上的纯物质所经历的化学反应，并且在适当的实验和性质的控制下，我们可以接近我们的实际物质是纯物质的这一虚构，并据此来处理实际的化学反应（现象），就好像它们是纯物质（物理系统）之间的理想化的反应一样。第四，自然选择的遗传理论按照遗传型在种群中分布的变化，将进化现象表述为随繁殖率、生殖障碍、同型染色体之局部交换的频率等而变的函数。这样，遗传理论就把个体的种群（现象）当作好像它们是理想化了的遗传型的种群（物理系统）来处理，其遗传分布中的变化是仅有的少数被挑选的因子的函数。(在[26]，第九节里，这里所提出的理论分析对自然选择遗传理论的应用得到了详细的发挥。)第五，刺激-反应行为理论试图把各种各样的行为都表征为选定刺激和反应参数的函数。这样的理论描述理想化个体种群的行为，而这些理想化个体的行为仅仅只是被规定的刺激和反应的模式、强化程序等（物理系统）的函数。在实际的种群，如老鼠或人的种群（现象）中，个体的行为不单单是这些选定的参数等的函数，而且只有在最严格控制的实验室条件下，才有可能接近这样的虚构，即实际种群中的个体行为仅是选定参数的函数。这样，

理论描述的是物理系统而不是现象的行为。同样，对语言能力的语法理论、亲属制的理论、动物生理学理论等的考虑将会表明：它们描述的是理想化了的系统或机制的行为，其实际的系统或机制仅仅只是不同程度上理想化了的近似值。这些例子虽然是简单和概略的，但却足以说明我所论述的理论的多样性，更进一步地说，这些例子的多样性有力地告诉我们：科学理论一般是描述物理系统的行为，它是实际现象的理想化了的复制品。

一般而言，科学理论的任务就是描述、预测并且（可能还要）说明一类现象。它是通过从现象中选择和抽取一定的理想化参数，然后表征这些现象的抽象的复制品（这些复制品是按照选定的理想化参数来表征的）的类事实现上述任务的，这些抽象的复制品是物理系统。这样，科学理论就提供了在理想化条件下现象行为的一个全面的表征，而上面的理想化条件是与现象相对应的物理系统所特有的，一般来说，这种表征使我们能够预测随时间而变化的物理系统的行为。①当理论和一套适当的实验方法结合运用时，也可以预测、说明……那些不能满足这些理想化条件的现象，办法是通过展示如果理想化的条件得到满足的话，这些现象可能会怎样变化。如何实现这一点，下面将予以论述。

那么，一个理论的中心任务就是对与现象相对应的物理系统的行为提出描述性的、预测性的并且可能还是说明性的论述。理论不仅提供恰恰是我们实际上所观察的现象的这种论述，而且还要就我们在任何因果关系上可能的世界里也许会遇到的那种现象

① 为简洁起见，我把我这里的注意力仅仅限于根据随时间而变的状态变化来描述物理系统的行为的理论。除了这样具有连续律的理论外，这一分析对具有共存律或相互作用律的理论也有效。还有，这些定律是决定论的，还是统计性的没有什么关系。参看[25]V-C节，详细内容也可参看[30]中的有关论述。

提供这种论述。[①] 也就是说，理论必须给所有那些与一个人在任何在因果关系上可能的世界中可能遇到的那种现象相对应（作为抽象的复制品）的物理系统提供一种预测性的并且可能还是说明性的表征。让我们把物理系统的这个类叫做因果可能的物理系统的类。任何科学理论的中心任务就是提供对该理论而言因果可能的物理系统的集合的精确表征。

理论怎样提供这样的表征？一旦与理论相关的参数从现象中抽取并挑选出来，理论的物理系统就可借助于这些参数加以规定，一个物理系统就是一个可借助于这些参数加以规定的可能的行为模式。例如，在经典粒子力学中，我们可以借助于在给定时间的位置和动量参数的值来规定一个物理系统的状态，然后，将一个物理系统表征为一个随时间而变化的可能的状态序列。在逻辑上有可能借助选定参数来规定的物理系统中，只有一部分在经验上是可能的。如，它们中的有些将与现有的许多理论等不相容。在那些与公认的许多理论相容的物理系统中，只有一部分是因果可能的——即是在这种意义上讲的：其中只有一部分（作为理想化的抽象复制品）将与在某一因果可能世界里可观察的现象相对应。理论必须规定逻辑上可能的物理系统中哪些是因果可能的，一般来说，这是通过提供据说是表征恰好为因果可能的物理系统所特有的行为模式的普遍规律来做到这一点的——用这样的

① 表征因果可能世界的问题很多；但它们可以大致看成是这样一些世界的类，其中所有相对于理论被假定为没有问题的定律都成立。关于对一个具有因果可能世界的概念的详细表征，见[3]，Ch.5。我们引入这个概念的目的是为了用它来引入下面的因果可能的物理系统的概念。由于刚才给出的粗略表征抓住了一个因果可能世界的概念中那些合乎我们限定要求的方面，我们这里就不必去注意给各种因果可能世界提供一个充分表征的这样困难的问题了。

方式使这些规律在和初始状态和边界条件的规定一起使用时，可以预测随后出现的状态。如，在经典粒子力学中，运动方程对因果可能的物理系统的类作了一般描述，在其中，一个具体的因果可能物理系统的表征可以通过解与规定的边界条件和初始状态有关的运动方程来获得；这样，运动方程的解和物理系统的初始状态就可以用来预测随后出现的系统状态。①

刚才勾画的理论的叙述似乎与自然科学中许多理论的实际构述极为相符。如果这真的是正确的话，那么观察和理论的区别在科学理论结构的恰当分析中就并不是必要的了；之所以这样，是因为理论所关心的主要地不是将定律直接应用于现象，而是用定律来预测和说明从现象中抽象出来的物理系统的行为，使得这些物理系统的行为可以与现象相关联。这些结论显然有着与公认观点的对应规则概念有关的重要的含义——是何种含意，我们马上就要加以探讨。我们先看一看"硬"资料是怎样与物理系统及其相应的现象相联系的。理论所应用其上的观察报告成"硬"资料是某一物理系统行为的部分描述，这一物理系统是从中搜集上述资料的现象的抽象复制品。这些资料的搜集不仅包括对现象进行测量(这一过程决定选定参数在不同时间的"实际"值)，而且也

---

① 按照这一叙述，理论可以被看作是给理论上可能的物理系统的类下定义；只当这个类与因果可能物理系统的类是等同的时，该理论才是经验地真的。刚才规定的经验真的说明实质上是在我的[24]中所介绍的说明的一个概括。在这两个地方，我的意思都是说，你有一个由理论所决定的系统的类和一个由经验所决定的系统的类，理论是经验上真的，只当这两个类同外延时，该理论才是经验上真的。这样，直觉上讲，因果可能物理系统的类就是经验上可能的物理系统的类。对因果可能物理系统这一关键概念的进一步考虑，见本人的[23]，Chs. 1，2；关于对精密科学进行这样的理论分析的细节，参看本人的[23]的Ch. 2；这一详细叙述在许多方面都类似于E. W. Beth对理论所做的工作，B. Van Frassen在[30]中对之作了发挥。对[23]和[30]中分析的概括以及支持这一点的进一步论证，见本人的[25]V-C节。

包括运用各种校验程序（如使用摩擦系数等）将被观察的资料改变成代表测量结果的资料，如果物理系统理想化参数的定义特征为现象所满足，就有可能会获得这些测量结果。这样，在经典粒子力学中，我们的资料并不代表，如奶瓶实际下落的速度，而是代表假如它在真空中下落，假如它是一个质点等，它可能下落的速度。也就是说，在理论的典型的预测性或说明性的应用中，所运用的"硬"资料是关于处于一定时刻的物理系统的行为的资料，而不是关于相应的现象的实际行为的资料。如此，"硬"资料将借助于物理系统和理论共有的基本参数来表达——这即是说，借助于可以叫做"理论的"词汇来表达。一旦得到这些"硬"资料，也许还有关于边界条件等的"硬"资料，它们就和理论定律一起用来推演关于物理系统的各种预测、说明等。一般说来，这些演绎实际上是"计算的"。如，在经典粒子力学中，这些计算可能在于解基本的运动方程式，以求对特例的解，然后"接通"参数的值以计算物理系统随后出现的状态。因此，一般说来，通过倒过来执行起初用来将关于现象的资料转换成关于它们相对应的物理系统的资料的程序，关于物理系统的这些随后出现的状态的被预测的资料就被转换成关于对应现象的资料。

因此，我们这里所具有的是从原始现象到理论陈述的一个两级步骤——第一级，从现象到关于所讨论的物理系统的"硬"资料的步骤，然后是第二级的步骤，从物理系统到理论的公设等。①这两种步骤性质上完全不同，前者本质上是经验的或实验的——实际上是从现象用理论的形式系统的词汇进行的理想化描述的"翻译"，而后者的性质基本上是数学的或计算的。

这一看法，再加上对于理论是把"硬"资料报告而不是直接

① 实际上，这还是过于简单化，前一步骤包含更多的步子：参看我的[23]的Ch.3，我的[25]的IV-C节以及Suppes在[28]和[29]中的论述。

观察报告作为它们的主要题材的认识，就导致关于公认观点对对应规则的解释的重新估价。因为对应规则将刚才讨论的两种步骤混在一起，从而排除了物理系统。物理学和化学中最典型的精密理论是以我们指出过的方式借助于物理系统来起作用的，因此，公认观点既然不能把它们考虑进去，因而也就是不恰当的。基于上述理由，就有可能促使我们抛弃公认观点对对应规则的论述。虽然这条路线有点吸引人，但如果对公认观点的解释性特征进行了分析的话，这一评判究竟深刻到何等程度还是不清楚。然而，如果科学理论化的重要的认识论特征由于不能应许物理系统而被弄模糊了的话，那么我们就有理由坚持认为，公认观点是有缺陷的，并且由于不能包括这些特征因而认识论上会使人误入歧途。

从关于物理系统的资料到理论（如关于对按照这些资料和理论的定律或公设所计算的物理系统的后来行为的预测等）的第二级步骤的性质基本上是计算的；如果理论是定量的，它们基本上就是数学的，包括运动方程的解、各种辅助定义和假设等①，并且决不包含虚拟推理。另一方面，从现象到一个物理系统（或相反）的转换包括测量过程、设备设计、实验技术、原始资料的解释和校验、来自其他学科的理论的运用等。而从现象到物理系统的转换，正如我们上面所说的，从根本上讲是虚拟的——即是对现象在理想化条件下可能是怎样的表征。从这些特点可以得出，从一个物理系统到理论的转换可能出错的情形完全不同于从现象到一个物理系统可能出错的情形。在否证的实验中，当麻烦的来源出现在从现象到物理系统的转换（即资料不像我们所想的那样“硬”）时可以被隔离开的话，那么否证的消除就不要求理论的改变——理论没有出毛病，而是遵循了糟糕的实验程序（如仪器设备校正

① 关于这种步骤中包括些什么样的阐明性理论述，参看[18]。

错了，错误的校正因素又被用于原始资料等)。只有当否证无法归因于从现象到物理系统的转换(即资料是和我们设想的一样"硬")时，缺陷的消除才要求改变或修改理论自身。①这些意见似乎足以清楚地说明，在两种转换之间有相当大的认识上的区别，对这些区别的考虑揭示了理论和现象之间关系的某些极为明显的特征。公认观点的对应规则由于它们把存在于理论和现象之间的关系的这些多种多样的方面全都一古脑儿地归入了一个对应规则的转换之中，从而模糊了这些区别。这尤其意味着，导致一个理论的否证例子的实验误差等将要求修改对应规则，并因此也修改理论自身；因为对应规则是理论的一部分，并且包含对所有可允许的实验程序等的完备的规定。公认观点对对应规则论述的另一个问题是，没有什么理由可以假定对绝大多数理论来说，对所要求的那种可允许的实验程序等可以作出详尽无遗的明确的规定。②

因此，似乎相当明显，公认观点对对应规则的表征对理论与现象关联的情形作出了完全使人误解的叙述，并且在这样做的时候，模糊了科学理论化的一些明显和重要的认识上的特征。如果物理系统按照上面所概括的那样加以运用的话，如果现象和理论之间的转换是按照上面草拟的二(或更多)级的方式来表征的话，我们就不仅得到了科学理论化的一幅认识论上更具有启示性的图画，而且对观察和理论二分法区分的需要也就烟消云散了。因为在这幅图画中没有任何一处需要这样一种二分法区分。对于那种二分法的区分，我们代之以关于物理系统和边界条件等没有疑问的"硬"资料和对这些系统从理论上所作出的更成问题的断定

① 关于这一点的详细论述，参看我的[23]，Ch.3。

② 关于这最后一点的更为详细的论述，参看[14]，在这篇论文中，Kuhn论述了范例在将理论应用于现象中的作用；还可参看[27]中我对[14]的评论，

之间的区别。① 对于给理论和现象搭桥的对应规则，我们代之以二级转换：(a) 从现象到物理系统的转换，其表征归结为测量、实验设计、虚拟式等问题；(b) 理论和物理系统之间的联系，这种联系是由理论的（常常是数学）工具通过演绎来决定的，并且除了边界条件和关于物理系统初始状态的资料以外，不需要别的对应规则或公设。前一级转换并不是理论的理论工具的一部分，而是属于在将理论应用于现象时所采用的实验程序；而后一级转换的性质基本上是计算的。

我们所提出的关于科学理论结构的另一种说明使我们能够看到公认观点不能使人满意的情况。如果我们是正确的，即理论的题材是物理系统的行为并且"硬"资料包括关于物理系统行为的实验资料，那么没有疑问的"硬"资料和对物理系统从理论上所作出的更成问题的断定之间的中心区别就不能够按照语言来划分；因为物理系统的定义参数（如经典粒子力学中的位置和动量的坐标）是理论的基本参数，因而，同样的"理论"名词将会被用来既给理论也给"硬"资料提供语言表征。也就是说，这里有关的区别不是语言的，而是认识论的。这里关键的区别不是语言的这一事实表明，科学理论结构的一些认识论上具有启示性的特征并不反映在它们的语言构述中，因而它们不可能通过对理论语言的分析来得到恰当地表征。公认观点的根本的不恰当性就在于此。

---

① Hempel现在抛弃了公认观点并且在[8]中根据类似于这一区别的区别提出了一种分析。他把理论词汇和先前使用的词汇区别开来，其中，后者可以包括来自普遍接受的理论的理论名词。他的提议和我们的不同，因为他认为有关的区别可以建立在语言的基础上，而下面我们明确地否认这一点。他的分析在其他方面也和我们不同——特别是关于硬资料和理论之间转换的性质（他称之为桥梁原则）。

三

总之，我努力证明，由Achinstein和Putnam针对公认观点所提出的那种批评并不能卓有成效地证明它的不恰当性。虽然如此，公认观点由于它对于观察和理论区别的依赖性模糊了关于理论是怎样同现象相关或相联系的许多认识论上重要和具有启示性的东西，因而不能使人满意。为了证明此言不谬，我草拟了对理论结构的另一种分析，并用它来证明，公认观点是怎样模糊物理系统的作用，超理论公设对现象和物理系统之间可允许的转换提供不充分的表征的方式，以及虚拟式把理论和现象联系起来的作用之所在。这些认识上的启示并没有穷尽我这种说明的潜力。为了指明它的某种潜力，进一步展开这一分析（如，按照[28]的路线）将会在存在于现象和物理系统之间的实验关系中揭示出更多更多的东西；在现象和物理系统之间的转换中，科学理论化的虚拟成分的隔离提供了一个着眼点可以想像得到，它有可能使我们在定律和虚拟式问题上取得突破性的进展；对于精密科学来说，有足够的证据表明，这种说明可以加以扩充和发展，以便对精密理论作出特别具有启示性的说明（如，关于相空间、决定论理论和非决定论理论之间的联系等的各种洞见，见[30]和[23]的第二章）。

公认观点有什么错误？它模糊了其他分析可能揭示的许多认识上的重要意义；它应该被抛弃，以便提出另一种可供选择的分析。在论证这一结论时，我已尽量勾画出了这样一种可供选择的分析应该是个什么样子。

参考文献

(1)Achinstein, P. *Concepts of Science*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1968.

(2)Braithwaite, R. B. *Scientific Explanation*. New York: Harper Torchbooks, 1953.
(3)Burks, A. *Cause, Chance, and Reason*. Ann Arbor: University of Michigan Press, forthcoming.
(4)Campbell, N. *Foundations of Science*. New York: Dover, 1957.
(5)Carnap, R. "Methodological Character of Theoretical Concepts." *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1. Edited by H. Feigl, et al.Minneapolis: University of Minnesota Press,1956, pp.38—76.
(6)Carnap, R. *Philosophical Foundations of* Physics. New York: Basic Books, 1966.
(7)Duhem, P. *Aim and Structure of Physical Theory*. New York: Atheneum, 1954.
(8)Hempel, C. "Formulation and Formalization of Scientific Theories."*The Structure of Scientific Theories*. Edited by F. Suppe Urbana: University of Illinois Press, 1972.
(9)Hempel, C. "Foundmentals of Concept Formation in Physical Science." Chicago: University of Chicago Press, 1952.
(10)Hempel C. "The Theoretician's Dilemma." *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol, 2. Edited by H. Feigl, et al. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958. pp. 37—98.
(11)Hesse, M. *Forces and Fields*. New York: Philosophical Library, 1962.
(12)Hesse, M. *Models and Analogies in Science*. London: Sheed and ward, 1963.
(13)Kaplan, A. *The Conduct of Inquiry*. San Francisco: Chanller Publishing Co., 1964.
(14)Kuhn, T. "Second Thoughts on Paradigms." *The Structure of Scientific Theories*. Edited by F. Suppe. Urbana: University of Illinois Press, 1972.
(15)Margenau, H. *Nature of Physical Reality*.New York: McGraw-Hill, 1950.
(16)Nagel, E. *Structure of Science*. New York: Harcourt, Brace, and World, 1961.
(17)Northrop, F.S.C. *Logic of Science and Humanities*. New York: MacMillan, 1949.
(18) "Summary-Abstract: 'Scientific Explanation', by Hilary Putnam."Forthcoming in *The Structure of Scientific Theories*.Edited by F. Suppe. Urbana: University of Illinois Press, 1974.
(19)Putnam, H. "What Theories Are Not." *Logic, Methodology, and*

the Philosophy of Science. Edited by E. Nagel, P. Suppes, and A. Tarski. Stanford: Stanford University Press, 1962, pp. 240-251.

(20)Quine, W. *Methods of Logic*. New York: rev.ed., Holt, Rinenart, and Winston, 1959.

(21)Ramsey, F. *Foundations* of *Mathematics*. New York: Humanities Press, 1931.

(22)Reichenbach, H. *Rise of Scientific Philosophy*. Berkley: University of California Press, 1962.

(23)Suppe, F. *The Meaning and Use of Models is Mathematics and the Exact Sciences*. Ph. D. dissertation. Ann Arbor: University of Michigan, 1967.

(24)Suppe, F. "On Partial Interpretation." *Journal of Piilosophy* 68 (1971): 57--76.

(25)Suppe, F. "The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories." Forthcoming in *The Structure of Scientific Theories*. Edited by F. Suppe. Urbana: University of Illinois Press, 1974(in press).

(26)Suppe, F. "Some Philosophical Problems in Biological Speciation and Taxonomy." Forthcoming in the proceedings of the First Ottawa Conference on the Conceptual Basis of Classification held at the University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada, October 1--5, 1971.

(27)Suppe, F. (ed.). *The Structure of Scientific Theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974.

(28)Suppes, P. "Models of Data." *Logic, Methodology, and Philosophy of Science*. Edited by E. Nagel, et al. Stanford: Stanford University Press, 1962. pp.252--261.

(29)Suppes, P. "What is in Scientific Theory?" *Philosophy of Science Today*. Edited by S. Morgenbesser. New York: Basic Books, 1967. pp. 55--67.

(30)van Fraassen, B. "On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories." *Philosophy of Science* 37(1970): 325-339.

陈 真 译

曹秋华 校

科学实在论：新的争论*

Edward Mackinnon

Quine和Sellars都提出了一种很有影响的实在论观点以取代早先对科学的工具主义和现象主义的解释。这种实在论的中心论点是：承认一个理论是有说明力的和不可还原的就合理地蕴涵着承认这个理论所假定的那些实体。基于Quine和Sellars学说的一些被发现了的缺陷，更主要地、基于一种对科学说明的不包含本体论承诺的重建，对这种实在论的反对逐渐增长起来了。这篇文章讨论并批评了三种反实在论的立场。Hesse的新-Duhem主义立场把关于推理的统计理论和对纯理论陈述的贬低结合起来了。Sneed用通过集合论谓词而公理化的方法来重建Kuhn关于科学发展的理论，这里Ramsey还原句起了消除纯理论名词的作用。本文中最长的一节是讨论Van Fraassen的建立在对科学理论的状态空间描述上的语义模型，以及这个模型在解释量子力学中的作用。本文认为这个模型是有价值的，但是给这个模型的反实在论解释却并不是令人信服的，并且还蕴涵着严重的不一致。

一

在过去的几年中，对科学理论的实在论看法和工具主义看法之间的传统争论经历了巨大的变化，现在这场争论已变得离奇古

* 译自Philosophy of Science〔《科学与哲学》〕46(1979)pp.50—532.——译注

怪面又丰富多彩，在逻辑实证主义的全盛时期以及实用主义的后期，工具主义者倾向于依赖科学理论的合理重建所应该采用的形式；另一方面，实在论者却总是引证当时流行的科学理论并且坚持说在成熟理论中基本范畴名词是被用来指称真实的客体和事件的，而理论定律则被视为是在符合的意义上关于这些客体的陈述为真的，尽管只是近似地真，形而上学倾向更强的一些实在论者坚持说这些定律与它真的时候表示了某种客观必然性，而是这种必然性只能被真实的实体及其活动力所恰当地说明，或者通过对因果活动的本体论的解释而说明。

当逻辑实证论者由于无数的修改而破产以后，Quine和Sellars 以不同方式提出来的更温和的实体实在论就变成了占统治地位的实在论。在决定什么是真的时候，他们都不承认任何先于科学的第一哲学，在分析科学定律的时候，他们也不承认关于客观必然性或必然依赖模态逻辑的教条。本体论主要是通过实用主义的接受论而被引入的。一个人如果承认某个理论是有说服力的，为了合理的前后一致，他也就应该承认这个理论所假定或预设的这些实用体是不可或缺的。①

Van Fraassen, Hesse, Sneed, Stegmüller和Rorty 等人最近的著作显示出了对这种流行实在论的一种不断增长的反对，并且开始重新发展关于科学说明的工具主义的或新—Duhen主义的理论。非常有趣的是，现在工具主义者扮演了原先实在论者扮演的角色：他们密切关注目前流行的科学理论并且常常依赖模态逻辑，而实在论者现在则反过来象原先的工具主义者一样致力于理论的重建并且避开任何非正规逻辑。在过去那些争辩的基础上是难以正确理解目前争论这些问题的。

① 对较老的科学实在论的这些问题的非技术性的一般考察可在 MacKinnon (1972p. 3—71）中找到。（见篇末所列参考书目——译注）

这种对实在论的反动包含三种不同的论证方式。第一种基本上是否定性的，它是对实体实在论的被发现的那些不足之处的批评。第二种根源于构造关于科学发展的理论的企图，由于概念上的革命经常要放弃原先认为非常重要的实体承诺，人们就认为Kuhn以后的关于说明的理论应该取消这种实体基础主义。最后，流行科学理论尤其是量子力学的合理重建似乎并不要求实体承诺，而这些承诺对于实在论者的论据是必不可少的。在这篇文章的以下部分我们将有所侧重地论证这三种论证。我相信第一种是最不重要的。大多数的这些新工具主义者都受到Quine和 Sellars的强烈影响，并且仅与他们看见真正有可能找到一个能切实可行的替代者时，他们才反对实体实在论。这种可能性是否真正存在应该是我们关心的重点。由于Van Fraassen最直截了当地批评了流行实在论，并且最明确详尽地发展了一种替代者，这里将介绍他对实体实在论的批评，他正面的立场则将在第V节讨论。

Van Fraassen坚持唯一的必然性只是语言的必然性（Van Fraassen 1977b），因而就明显地和模态形式的实在论决裂了。他论证说这种盛行的实体实在论也是一种掩饰得很不好的形而上学的实在论，它的基础并不是现在的科学或在可预见的将来的科学，而是在方法论上依赖于理想的说明形式。不论是Sellars反对现象主义赞成实在论的论证，还是Quine的语义上升和消去的分析纲领都假设了一个表述在含同一或不含同一的一阶逻辑语言中的理想的说明系统。适合于这种实体实在论的实体不是当代物理学中的那些粒子，而是一些假定的实体，代表这些实体的语言符号应是这样一些变元的值：这类变元将出现在对某种末世物理学①

① “末世物理学”原文是eschatological physics。这里的意思是指完美无缺的不再需要任何修改的，不会再继续发展变化的物理学理论，即当社会发展到所谓的“人类末日”时之物理学理论。——译注

的合理重建中。Van Fraassen感到这种态度把先后次序弄颠倒了。他认为不应该根据标准逻辑的规范性要求来决定未来的物理学必须是什么样子，而应该采取一种更为现实的态度，把当代物理学者看作是一个合理重建的正确解释，然后再选择这种合理重建所必须的逻辑工具。

这个批评无论具有什么优点都不足以解决这些问题，当代物理学以其谈论原子和粒子的方式而明显地显示出了对实体实在论的信奉，科学共同体的实践也同样显示出了这一点。为了发现电子，中子、Pi—介子、反质子和J/ψ粒子而颁发的诺贝尔奖并不是打算用来奖励发现在可观察者中的新的推理关系的。不过，无论是物理学家的语言实践还是引证诺贝尔奖委员会的颂辞都不是以解决这些哲学问题。尽管哲学家不应该忽视科学共同体之这些信念和实践，他们也必须要说明科学理论并且这种说明应该能够解决指称和真理等科学实在论的根本问题。

粗略地讲，可以按照两种很不相同的方式对科学语学作出工具主义的解释。第一种是通过把理论贬低为推理工具而取消理论名词的指称作用。第二种虽然承认理论理论是基本的说明单位，但是主张重建流行理论以使得它们并不需要承认理论对象是真实存在的实体。当考察了第一种观点以后，我将稍为详尽地考察第二种观点。

二

Hesse一直很关心这样一个问题：日常知识是怎样为科学知识的发展和解释提供一个基础的。她早期关于模型在科学说明中的作用的著作（Hesse，1863）探讨了模型提供有用类比的各种方式，通过这些类比，科学家以某些定律为基础（这些定律是

关于那些熟悉的完全被理解了的现象的）去试图理解其他那些不熟悉的或者未被完全理解的现象。在这个时期她不同意这种Duhen主义立场：模型工具有任何最终的说明或解释的作用，它仅仅是理论构造的工具。在这一点上，她追随Campbell的观点，认为模型确实起到了一种解释的作用，对于那些和可观察对象没有直接联系的符号的语义学来说尤其是这样。那时她声称应该承认模型提供了一个关于理论是如何看待这个世界的描述性说明。模型的正确的和中性的类比应该等同于解释理论，并是应该被认为是有一个真正的指称而不是仅仅只具有一种功能的作用。

在她最近的著作（Hesse 1974）中仍然有这种总的倾向，然而她不再强调模型的作用，却转而强调日常语言的用法和推理的模式。我们将仅仅从与科学实在论问题有关的角度去考察这种立场的那些显著特点：即科学的网络模型，共相相似理论，把理论贬低为推理工具，以及对概率推理的Bayes分析。共相相似理论和科学的网络模型都是由于把科学语言看作是日常语言的扩展而得出来的。描述性谓词要受到双重约束，通过在某种物理环境中的经验联系而引进、学习和使用这些谓词时所涉及到的那些原始过程就导致了对这些谓词的经验约束，这里觉察到的相似准为共相提供了一个最初的基础，并且使得人们在那些从语言上被区分开的各种类中去寻求类律概括。而对完全连贯性的追求则逐渐导致了对这些谓词的系统约束，这可能使得人们把最易于识别的特征（一个海豚的相貌和游泳的样子看起来像一条鱼）从属于更具有理论意义的特征（但它的生育和呼唤却像一个哺乳动物)。这就提示了一个科学的网络理论，在这个理论中特定的意义与一般定律全部被调整，如果这种调整能改进总的连贯性和恰当性的话。

由于这个网络模型基本上是Quine的不含有消去分析和语义学上升的大球体知识（great sphere of knowledge），看作

Hesse的理论怎样导致了拒绝Quine的实体实在论是很有趣的。按照她的观点，理论并不是通过合理重建而得到最好研究的半独立实体，它们仅仅是总的推理网络的相对孤立的部分："但是一个理论不过是这样的一个定律和蕴涵的复合体，其中一些被很好地确立了，另一些被确立的程度则不那么高，还有一些则不过是仅有很少经验证据支持的建议(Hesse 1974 p.33)。这个看法对处理理论谓词以及——姑且用一个传统的虽然或许易于令人误然的术语——理论对象提供了一个立足点。如果相对于某种特定理论来作出理论和观察的区分，那么人们就可以把理论对象描述为这样的对象:在相对的观察陈述中一元谓词(Monadic predicates)(例如"图形的")并不表述这些对象。她的著作中，她并不否认理论对象的本体论上的实在性，她只是坚持说理论谓词的意义来源于它们在一个有经验基础的网络中的用法从而就把这个问题搁置起来了。此后她主要关心的问题是建立归纳推理规则，这些规则要能阐明在我们的归纳行为中暗含的那些准则，并且通过一个经济的公设系统而把它们形式化。

在最近的一个演讲中，她以一种更为极端的立场拒绝了科学实在论(Hesse 1976)在这里她采纳了Quine关于翻译的思想以及Quine关于理论不能被资料充分确定的论点，并由此而提出了一个后Kuhn的科学发展理论，每一种日常语言都有一组被合理地接受为真的观察句。从我们自己的观察句出发，并且根据宽容翻译原则来处理外语中的观察句，我们就有可能把Quine关于大球体知识的比喻用于一个科学推理的概率模型模型。被接受的观察句被赋与概率值1，靠近中心的这些句子的概率值则以一种极其非Quine方式递减。

每一个科学体系都包括（至少是隐含地包括）一个对这个世界的概念分来，即从概念上把这个世界归入一个基本实体类型与

基本原性的本体论。Hesse也承认这一点，然而她和Duhen一样认为这是科学说明中最容易被彻底修改和拒绝的部分。Hesse主张的无特权原则意味着，目前为大家所接受的理论也和历史上任何理论一样可以被修改，因而不应被给予任何特权地位。这个原则和推理的统计理论结合在一起就意味着，那些断言理论对象真实存在的陈述应被赋予概率值零。

Quine-Sellars实在论的核心就是预期科学家团体最终将达成一致的意见，标准逻辑据认为所具有的那种永久性功能就是这种预期的基础。Hesse不同意下面这种看法：随着科学理论的发展，科学理论所提供的本体论就越来越接近那种前苏格拉底的理想，即根据终极的物质要素说明这个世界。这个历史的归纳法连同她的无特权原则就导致对科学实在论的拒绝，同时也导致拒绝以逻辑为基础预期末世物理学的企图。她象Rorty一样(Rorty，1978）把这种形而上学的理想看做是历史上过时了的。

Hesse的这种立场最好是被看做当前各种互相竞争的观点之一。由于这个原因我们对它的评述将倒过来进行，即首先讨论她的结论，然后再考察导致这个结论的那些选择和理由。科学从一开始就有的一个传统目标就是认识物理世界的结构和最终构成要素。Hesse的那个论点（即：所有那些把一个基本的本体论赋予这个世界的全称量词句都具有概率值零，或者说，都是假的）明显地意味着要放弃这个目标，并且重新解释通向这个目标的那些部分的，虽然不是最终的，科学成就。选择这样一条道路似乎很难产生多少有益成果，并且这种立场似乎也很难说是正确的。以陈述S为例："宇宙中的所有分子都是由列在元素周期表中的这些原子（也许这个周期表还有待完善）所组成。"在讨论星际云和星系云的构成时，在思索地球大气时，以及在讨论其他的具有化学和天体物理学意义的题目时，普遍都预设了陈述S为真。当然，

尽管没有任何目前可获得的证据表明甚至暗示陈述S为真，它仍然也有可能是不真的。但是科学绝对没有提供任何理由来使人们赋与陈述S以概率值零。这种赋值完全是由于迎合 Hesse 对科学推理的重建方式。

一个如此有才能的哲学家采取了这样一种激进的并且显然成问题的立场以至于要把概率值零赋予所有那些断定理论对象真实存在的陈述，这就使人感到一定是有某种深刻的危机才导致了这种不顾一切的权宜之计。人们试图要发展一个科学说明的理论，这个理论要努力对付的是历史地发展起来的实际科学，而不是主要以逻辑方式建造起来的理想的科学，从而就产生了这个危机。由于这个问题的新奇性和复杂性，讨论科学发展问题的主要理论家Hanson，Feyerbend，Kubn，Toulmin，Lakatos和Laudan等人都发现，为了总的连贯性就必须要放弃某些被认为是在恰与的科学说明中吸引人的甚至必不可少的特性。

在 Hesse 的著作中，她相当勉强地放弃了的主要特征是这样一种观念：物理理论，尤其是较为基本的理论，承认那些基本的而不是可有可无的理论对象的实在性。Hesse这个选择的主要理由，即无特优本论论原则，并没有真正地被论证，它只是被当作或多或少由科学史归纳而来的一个教训。然而我对科学史的教训却有很不相同的理解。燃素说，热质说和现代原子物理学等都各自把这个世界划分为（按照Hesse的术语）各种不同的种类。然而，作为理论对象的燃素和热质，除了在说明那些它们被要求要说明的现象时各自所起的作用以外，并没有得到任何证据的支持。而现代原子论却有大量的证据支持，并是在基础物理学，化学，甚至生物学的几乎每一个分支中都起着基础的作用。它显然确实具有一种特优地位。我也相信当代原子论确实代表着各种本体论会聚的某种顶点。我将在其他地方阐述支持论题的历史证据

(Mackinnon即将出版)。

正如观察资料根本不能确定被用来说明它们的那些理论一样，历史地发展起来的理论也同样根本不能确定对这些理论的合理重建。由于对那些历史地发展起来的理论所有重要的合理重建都会严重地牺牲这个理论的说服力，Hesse的立场仍然可以由于其相对的优越性而得到辩护，尽管她的最后结论是没有多少道理的。如果以此为评价的合理基础，那么，相关的问题就是：她对科学推理的重建在多大程度上是适当的？

Sellars的文章(1963)说明了对理论对象的承诺在科学推理中的作用，他的观点已被广泛地接受为基本正确的，因为这里我们可以很方便地把他的这种观点当作Hesse的观点的对立面。在Sellars看来，牛顿力学、动力学，或Bohr的原子学这类的理论并不只是高层次的概括(即可以由之推导出Keplar定律，气体律，或Balmer-Rydbery光谱公式之类的中层概括的那些更高层次的概括)。相反，理论假定、物质粒子、气体分子之类的实体，或者假定一种关于原子结构行为的特定理论，然后说明为什么这些理论实体遵循这些通过经验概括而表述出来的定律。按照这种解释，理论就不仅仅是推导符合经验概括的定理的基础，它们也为说明和改正这种概括的界限，为不同领域的各种理论的互相联系，为引进方便的近似值以及为依赖模型的推理提供了根据。

通过她对模型和类比的研究，Hesse对这些一般观念是相当熟悉的。然而，她逐渐地开始把它们排除于她对科学推理的合理重建之外。这似乎部分地是由于她认为科学史表明这种本体论承诺应被看做是临时的支架，而不是基本的特征，部分地是由于她重建科学推理的方式以及这种重建所遇到的困难。Hesse(1974)依赖语言游戏分析来说明基本名词的意义。这就导致了一种推理链条：用法决定意义，意义联系构成指称，而基本名词的指称用

法就构成了本体论的基础。如果意义和用法改变了，那么我们就既可以说这种变化蕴涵着一种新的本体论，也可以说我们仅仅只是在用新的或改变了的名词来重新描述同样的对象。按照早先的实在论-工具论区分，Hesse在那时是一个实在论者，至少在一种最低限度的，非本体论意义上是一个实在论者。她认为科学理论并非仅是推理许可证（inference, tickets）；科学理论是那些真实地描述物理实在的陈述的基础。因此，她采用了第二种非-Quine的选择方案。

为了论证意义变化包含的是对相同对象的重新描述，而不是一种假定不同实体的新的本体论，她需要两个进一步的支柱：对这些对象的相对独立于理论的知识，以及一种内涵指称理论。按照她关于通名[universals]的网络理论，仅当对于理论对象的知识具有浓厚的经验成分时，这种知识才是相对独立于理论的。然后，内涵指称就被当作一种特殊的关系而被引进。这种关系就是当一个真陈述把一个给定语言中的某一描述性谓词赋与一个客体时存在于该谓词与这个客体的一种属性之间的关系（Hesse, 1974, pp.62—63）。当人们为了指称同一种属性而对这同一个理论的构述随着时间的推移而发生了变化时，或者当人们以另一种方式重新构述了这个理论来指称这同一种属性时，就涉及到了内涵性。Minogue反驳了Hesse的这些观点，他论证说，内涵指称是一个定义含混的概念，而Hesse的族类相似概念同她用来处理疑难情况的形式条件相抵触，并且为指称的同一性所规定的翻译条件太强（Minogue, 1978）。甚至当Hesse最初引进内涵指称这个观念的时候，她显然就很清楚某些上述的困难。仅当被指称属性的同一性得到某种观察证据的支持，她才能有效地使用内涵指称这个概念。然而，如果我们是在讨论通过理论而认识的那些实体的属性，并且把理论理解为可以用不同方式来构述的系统，那么，

构述上的任何变化都会削弱支持指称同一性教条的推理链条。

在她1974年的著作中，她没有否认理论对象的存在。然而，按照她对科学推理的合理重建，与关于通名(universals)的网络理论相一致的观察陈述构成了科学推理的证据基础，而科学推理就是从这个证据基础得出其他陈述的过程。这种观点的技术性的发展以确证的非传递性悖论（the paradox of the non-transitivity of confirmation)为其出发点。假定证据e_1增加了假说h的概率，并且h蕴涵着e_2，一般来说，e_1并不一定就会增加e_2的概率，这点可通过反例而得到证明。Hesse解决这个悖论的方法是以一种 Bayes 式的方式来构述概率推理，按照这种构述，$P(e_1e_2)$是仅仅关于自变量的单值概率函数。在这种情况下，假说h为真的概率就根本无关了。Dorling强有力地论证了对概率推理的这种解释与科学实践相抵触，并且还在概率论中导致了严重的不一致。(Dorling, 1975)。无论在概率论中还是在科学实践中赋与$P(e_2e_1)$的值都要依赖于像$P(e_2h)$,$P(h, e)$, $P(e_2-h_1)$,和$P(-h_1e_1)$等这样的其他概率函数的赋值。看来Heese显然是首先选择了一种尽量减少对理论假说的任何依赖的重建科学推理的方式，然后再试图把这种选择贯彻到底。我不相信概率推理为重建科学推理提供了一个合适的基础。然而，如果我们选择了这样一种重建方式，我们就应该证明这种重建抓住了这种推理的基本特征。我相信Hesse没有证明这一点。

在她1976年的那篇文章中、推理基础被进一步削弱为在我们的语言中（并且、通过宽容翻译也在其他语言中）合理地被接受为真的观察报告。在象粒子物理学这样的现代物理学中推理的基础既是关于该学科主题的假说，也是关于物理定律的高层次的法则、例如、各种对称变换下的不变性与守恒原则之间的关系。这类假说和较高层次的法则提供了一个赖以解释由科学实验而来

的证据并构造科学推理的框架。我们无法把关于粒子及其属性的假说、对称原则和恒定定律等都消除掉，而把物理学的这个分支解释为可观察者之间的推理关系。

尽管有以上这些对Hesse的批评，我相信Hesse对于说明和重建历史地发展着的实际的科学理论这样一种艰巨的工作做出了重大贡献。她对这个问题的澄清，她的关于通名（universals)的网络模型，她对观察和理论之间关系的说明，以及她的那种看待理论的方式：理论是一个更宽广的发展着的结构中的一个组成成分；所有这些都使得一个混乱的领域有了一种新的连贯性。甚至她的合理重建所具有的缺点也起到了指明什么是未完成的工作的作用。在这篇述评的剩下部分中我们将集中讨论更为注重理论的形式方面的合理重建。

三

关于科学理论的合理重建人们要问的最基本的明显的问题也许是："为什么要劳神费力去合理重建呢？"合理重建对于理解历史地发展着的理论，或促进科学理论在将来的发展几乎没有多大帮助。这里我将采纳（但不论证）这样一种相当实用主义的观点：在合理重建中，科学理论就成了研究的对象，而不是研究某种其他领域的工具。重建一个理论有助于理解这个理论，至少在这个意义上是这样：我们对于我们能够拆开然后重新装配好的任何东西都有某种理解。不过，由于我们把作为研究对象的理论从它的正常的解释领域分离出来了，因而这种通过合理重建的理解过程对于解决意义和本体论承诺问题的作用就不如它对于澄清科学理论的结构关系的作用那样重大。

理论可以用不同的方式来合理重建。这里我们将考虑目前流

行的三种重建方式，主要是由于它们与科学实在论的问题有关。第一种可以根据 David Hilbert 的名字而被称作H-方法。这种方法把被重建的理论看做是一个逻辑加上刻画某个特定理论的经验公理。由于人们普遍地都对这种方法很熟悉，而且我们在这里对它感兴趣主要是在于它同较新的方法形成了一种对比，我将仅限于考虑这个方法中那些构成所有合理重建的普遍背景的方面，或者那些突出了这种对比的方面。我们特别关心的是证明论和模型论之间的关系。

为了明确起见，我们将考虑一个含有函项和等式的一阶命题演算，而且，遵循Kleene的作法，我们用$Pdf=$来表示这个演算。证明论中的关键概念是可推导性，如果Γ代表一组O或更多公式，那么，$\Gamma\vdash A$就表示A可从Γ推导而来。如果A是一个定理，或可仅仅从公理推导出来，我们就用$\vdash A$来表示这种情况。这是一个纯句法概念；它独立于给与这些公式的任何解释。

为了对这些公式的语义学解释，我们假定一个含有C按照(antor的术语)一些限定的并且彼此不会混同的客体的论域D，D必须满足这个条件：我们有可能

1）为每一个个体常项a指定D中的一个客体；

2）为每一个n元谓词p^n指定D的客体中的一种n元关系；

3）为每一个n元函项f^n指定D中的一个n元函项。

当不会发生混淆的时候同一个符号将既来代表公式也代表相应的句子（或被解释过的公式)。通过为一个公式中的每一个变元指定D中的一个客体，以及对于标准的值逻辑，通过把句子配置于$\{T、F\}$①之中，我们就定义了一个赋值。真和假可以根据满足而定义。如果$A^n(a_1, \cdots, a_n)$是一个原子公式，而R^n是D中的相应于词项$a_1, \cdots, a_n$的客体$b_1 \cdots b_n$间的关系，那么，当关

① T代表真，F代表假，下同。——译注

系R^n在这些客体间成立时A^n就真。有关这些概念的进一步定义显然是

$$V(-A)=T\text{当且仅为}V(A)=F;\ V(A\&B)$$
$$=T\text{当且仅当}V(A)=T=V(B);\text{等等}$$

现在我们就可以来定义一些在这一节以及下面其他几节中非常有用的概念了。满足是存在于一个公式A和一个赋值之间的关系。可满足性是一个公式所具有的这样一种属性：对于公式A存在某种赋值V，使得$V(A)=T$，一个有效公式就是能被每一个赋值所满足的公式。对于一组句子Γ，我们说Γ语义地蕴涵$A\subset\Gamma \Vdash A$）当且仅当每一个Γ真的赋值也使A真。现在，我们就有可能用两个命题来表述证明论和模型论之间的基本关系了：

（1）$\vdash A$当且仅当$\Vdash A$

（2）$\Gamma\vdash A$当且仅当$\Gamma\Vdash A$

这两个命题中的充分条件部分可以很容易地被证明如下：这些公理是有效的并且这些推理规则是保留真值的。必要条件部分是由Gödel在1930年的著作中首先证明的（Gödel完备性定理)。命题（1）表明谓词演算在这个意义上是完备的：所有的定理都是逻辑地真并且所有逻辑地真的句子都是定理。由于证明论是有限性的而模型论都不一定是有限性的Löwenheim-Skolem定理（如果A_1，A_2，…，A_k是同时可满足的，它们就在一个可数域中是同时可满足的。)也就很容易地被证明了。

命题（1）提示了在使用一阶谓词演算来严格地重新构述科学理论时我们希望获得的那些有利条件。除了纯粹逻辑公理以外，我们还可以有一组为某种特定理论所特有的公理Γ。如果这些公理对于某种模型为真，那么这些公理的任何推论也对于这个

模型为真。反过来讲，证明一组公理的一致性的最容易的方法就是找到一个同时满足这组公理的模型。

以上的概述已足以表明为什么对科学理论的一个H型的重新构述提示了一种科学实在论学说，以及为什么当任何人企图在H型的重新构述中彻底贯彻科学实在论时都会遇到挫折。模型论解释的基本思想是，一个公式不能被称为真，除非它是对于某事物为真。我们需要一个会有某种客体的论域，变元可以之为值域。所谓存在无非就是成为一个变元的值。于是一个启发性的论证就提示了某种实在论的不可避免性。我们有理由相信最终的科学理论、就像现在这些在它们之前的科学理论一样，将要假定一些作为理论对象为其客体，理论就是关于这些客体的理论。根据这个似乎有理的预设——即最终物理学将用到数学并且允许某种演绎的构述——我们似乎有理由假定任何这种物理学都能被严格地重新构述于一阶谓词演算中。以这个假定为跳板，我们很容易地就可以把将来物理学家的理论对象同逻辑学家的论域中的假设对象等同起来。虽然这些对象不需要具有Democrite原子的其他属性，为了能被识别起见，它们必须是非连续的可数的个体。正如T. S. Eliot所说的那样，我的结尾就是我的开头。

当人们评估贯彻这个纲领所获得的有限成功时，挫折就出现了。*Pdf*＝可被用来表述初等数论N。在N中我们仅能表述多项式函数。不过通过引进描述性谓词，就可以表述更为巨大得多的一类函项类①，这个类包括经验科学很可能会需要的所有类型的函项（能有效地演算的函项)。数学结构，例如各种各样的群，可以很容易地被表述于*Pdf*＝之中，然而，当问题在于用*H*方法来重建有经验内容的理论时，严重的理论困难和实践困难就产生

① 一个n变元的函项可用一个$n+1$元的描述谓词来解释。这些谓词可被用来表示一般递为函数。见Kleene 1959 p.285。

了。在过去那段时间，理论上的主要困难都集中在这样一个问题上：如何才能在经验公理和意义公设之间根据它们各自的作用和功能划分一条非任意的界线。而这个纲领的有限的成功则显示出了实践上的困难。人们或者建立一个易于处理的模型，期望它能被给与有意义的物理解释，就像Rescher对离散状态系统的说明那样（Rescher 1970，第II部分；Stegmüller、1969 pp.208-47）；或者对物理学的某些无关紧要的然而易于处理的部分加以形式化，就如Kyburg使杠杆物理学公理化一样（Kybury 1968、pp.222—230）。就我所知，还没有任何重要的物理学理论获得了H型构述。由于Heiseeberg的测不准关系（indeterminacy relation）排除了具有这样一种特点的域：这种域中的关系与*Pdf*＝中的关系同形，所以，量子力学，至少正统的量子力学，不能在*Pdf*＝中给出一种一般的H型构述。最终的物理学理论一定能被严格地重新构述于一阶谓词演算中这样一个论断似乎并没有得到任何历史证据的或归纳法的支持。

四

H方法的一个基本假定就是，任何科学理论都能被适当地构述为带有经验的公理——并且也许还带有意义公理——的逻辑（或集合论）。一些新的合理重建理论的方法与H方法不同，它们假定至少所有那些被选作重建对象的理论（如果不是所有的科学理论的话）都有一些共同的特征。我们将讨论两种这样的方法（主要是因为它们与科学实在论的问题密切相关）。

第一种可被称为合理重建的S方法（集合论的，Stanford、Suppes、Sneed、Stegmüller）。其典型例子是McKenrie-Suppes对经典粒子力学的合理重建（McKenrie1953，Suppes1957，

pp.291—304)。而其中心思想则是，一个理论的任何模型都可以用集合论来描述。这立刻就导致了一个巨大的简化。集合论和标准数学都只是预先假定了的。任何给定的公理都是集合论中的公理而不是集合论的公理。S方法的合理重建依赖于引进一个集合论谓词，这是一个有序的n元组，它一般包含一个或多个集合以及在这些集合上被定义的函项。一个简单的例子是：一个群G，可通过一个集合论谓词来定义：

G是一个群，当且仅当存在一个A和一个0，使得G=〈A、0〉，并且：

1）A是一个非空集；

2）0是一个二元函项；

进一步还规定：对于每一个x、y、$z \in A$

3）$(x\ o\ y) \in A$；

4）$(x\ o\ y)\ o\ z = x\ o\ (y\ o\ z)$；

5）存在一个w，使得$x = yow$；

6）存在一个w，使得$x = woy$。

这里只有公理3—6才是通常意义上的公理，虽然它们现在的功能是一个定义的一部分。如果一个理论通过引进这样一个集合论谓词而被公理化了，那么满足这定义的任何东西都是这个理论的一个模型。这种方法避开了科学实在论中的成问题的方面，这点在Suppes的著作中表现得特别明显（Suppes 1969、特别是文集5、12—15）。人们讨论集合以及在集合上被定义的数学结构，而不讨论理论可能谈到的这些对象的本体地位。

Sneed提出了一种特殊形式的S-方法，这种形式的S-方法与科学实在论的问题是有关系的（Sneed 1971）。他的这种方法，尤其是在经过Stegmüller对之进行修正以后（Stegmüller 1976）、把Kuhn对科学发展的说明看做是我们目前具有的最好的

描述性说明。提示给哲学家的任务就是，合理重建这个描述性的历史说明，以使得结构关系清楚地显现出来。下面的阐述，主要以刚才提到的Stegmüller的修改作为基础[①]避开了许多异常麻烦的技术性问题，仅仅试图指明这个纲领与科学实在论的困难的关系。

假定一个理论T的结构被一个集合论谓词S所刻画，并且$M_s(T)$（或者，当不会导致误解时，我们简单地说，M）。是所有的满足这个谓词的模型的集。现在我们可以引进对传统理论观的两个修改。第一，我们可以不把理论看做是一组或真或假的陈述，而采用一种理论的非陈述观，简单地把理论看做是产生各种经验论断的概念结构。第二，我们可以肯定性地定义理论名词，而不是否定地把它的意义作为非观察的。相对于某理论T，一个名词是T理论的，如果对其相应特性的每一个计算都是依赖理论的。

通过这些概念，前述的关于模型的观念可以从两个方面被弱化。首先，我们可以不仅仅考虑那些满足这个集合论谓词的对象，而同时也考虑那些我们能对之有意义地提出下述问题的对象，它满足这个谓词吗？这种对象被称为可能的模型，我们用M_p来表示它们。它们可能满足，例如，关于上面所定义的那个集合论谓词的前面两个要求，从而符合于一般的概念结构。然而，它们也许不满足特殊的公理（3）—（6）。第二，我们可以通过把一切理论名词从这个概念结构中清除出去而进一步弱化这个关于模型的概念。这样一来我们就得到了一部分的可能模型M_{pp}。由于部分可能模型可以基本上不提及理论而被识别，它们就能从一种非循环的方式来检验理论。经验论断所采取的形式应该是把某一个

① 同时也参照了Sneed 1976年的著作和一些未发表的讲稿，为此我向Sneed表示感谢。对这种普遍方法的进一步阐述见Balzer和Sneed于1977年合写的那本著作以及Moulines 1975年的著作。

体a识别为该理论的一个模型：$a\& m_s(T)$。由于部分可能模型不需要理论名词，因而就应该有可能用它们来把基本经验论断Ramsey式地Φ还原为如下形式：

（3）$\exists y(y\Sigma b \& y\in M_s(T))$

上式中b是T的一个部分可能模型，而$y\Sigma b$则表示y是一个通过加上理论名词而得到的b的扩展。这个还原有三个不足之处。首先，它仅局限于一类预期的范围。其次，它不包括那些把不同的预期应用交互联结起来的约束条件，例如，在不同的外延中具有相同意义的理论名词的用法，或者一般的不变原则。第三，它没考虑到包括那些只对一种运用成立而对其他应用则不成立的特殊定律的情况。

下面引进两个进一步的技术性定义以修改式(3)，从而使它能适应这些复杂情况。有序对〈R、P〉表示，如果R是不同运用中的元素间的一种关系。于是，通过把（（y、x、R、P）定义为意指：y是部分可能模型集x的理论补充集，并且由x的元素构造y的元素的理论函项并集被〈R、P〉所约束，就把约束条件包括进来了。只对一种特定运用成立的特殊定律的作用可被看做是把一般结构S限制为一种特殊形式后（带有相应的一组模型$M_s(T)$）。有了这些新术语，现在就可以引进一个Ramsey-Sneed句子，这个句子通过把所有特例联结起来而抓住了一个理论的全部经验内容：

（4）$\exists y[G(y、b、R、P) \& y\subseteq M_s(T)$

$\& \exists y_1(y_1\subseteq y \& (cy_1, b_1, R_1, P_1) \& y_2\subseteq M_s^2(T)$

⑤ $\& \cdots\cdots \& \cdots$

$\& \exists y_n I y_n \subseteq y \& c(yn, b_n, R_n, P_n) \& y_n \subseteq M_s^n(T)]$

人们公认为公式（4）所具有的优点主要是：经验意义和真值都直接地并且仅仅被赋与关于非理论对象的陈述b。公式（4）

关于理论所说的大致上是这样：存在这样一个理论函项集，这些理论函项满足一类约束条件，并且，有了这些理论函项，属于这个集的这个理论的所有部分可能模型（物理系统）b，都能被扩展为基本集合论谓词S的模型，以使得b的某些子集$b_1 \cdots b_n$的元素可被扩展为适应于这个基本集合论谓词的那些恰当的限制$S_1^1 \cdots S^n$的模型。

在进一步引进n个理论术语以后，我将定性地说明这个构述怎样能被用来合来理重建Kuhn关于理论发展动力的理论。M_p，可能模型的集，可被解释为理论的构架，即一个具有这样一些理论名词和非理论名词的n元组集，这些理论名词和非理论名词对于使这个集的元成为集涵地描述而不是被外延地描述。

通过上述的形式化方法我们就可以重建Kuhn关于范式是常规科学发展基础的思想。范式包括一个理论核心和一个成功的应用的集I。这可以被启发式的扩展到I，I包括与成功运用足够相似的那些运用。通过把这个理论核心的扩展到带有各种专门定律的领域，我们就获得一个范式理论网，它可以是一个更大的网的一部分。这样一个重建，如果被接受了的话，就避免了对Kuhn自己的构述的某些批评，这些批评认为Kuhn的理论是非理性主义的。于是现在常规科学，或者在范式指导下的科学，就在下面这个意义上是逻辑上不可能被证伪的，未能成功地把一个理论核心扩展到某种新领域去这个事实既不是我们必须放弃这个理论核心的充足理由，也不是认定不可能找到某种新的成功的扩展的充足理由。由于对于常规科学发展而言，理论还原问题是相对于理论网而言的，所以在被还原理论与还原理论之间就总是有某种连续性。最后，涉及到一个理论网替换另一个理论网的概念革命并不蕴涵着要把以前看作真的那些理论论断称作假的。按照对科学理论的非陈述解释，概念革命不过是用一种新的概念工具去替换一

种旧的概念工具。这个新构述甚至提示了一个进步的标准：理论核心，或者，对于范式替换而言，理论网的成功运用的次数多少和多样性程度。

毫无疑问，Sneed的构述提供了一个新的严格建立起来的基础来讨论流行科学理论，讨论它们的相互连结的子系统和科学发展的动力学。不幸的是，它还未受到批评性的分析和建设性的反驳，这种分析和反驳对于剪除华丽的形式主义和检验它在特殊运用中的成效是必不可少的。这里，我将仅仅指明这种说明科学理论及其发展的方法与科学实在论问题的关系。人们或许会感到，如果这种理论重建的方法成功了的话，那么科学实在论的问题就被作为伪问题而取消。按照较早的“公认观点”，对应规则通过观察陈述而对理论陈述作出部分解释。而在这种新的形式系统中，Ramsey-Sneed还原句也起到了相似的作用。人们以一种仅仅使用先前已有的并且其意义清楚确切的词汇的语言为基础未能解释科学理论。这个Sneed标准（Sneed，1976，p. 132）不是被当作日常语言分析，而是被当作反映科学实践的分工。人们构造或检验一个新理论，就要预先假定一些已被确立的知识，其中也包括那些过去已建立起来的并且现在正在使用而不是正在被检验的理论。包含理论名词（“在理论名词”在这个新构述中所具有的那种特殊意义上）的陈述仅仅是通过还原于这个非理论基础才具有真值。因而，理论不是被解释为一组关于理论对象的陈述，而是被理解为联结非理论陈述的一种方法。如果理论名词没有恰当的指称，并且理论陈述也没有独立于先前已确立的非理论基础的真值，那么科学实在论的问题甚至就不能以任何哲学上有意义的方式被表述出来。

尽管这种新的形式系统具有一种不作出本体论承诺的态度，我相信它还是可以很容易地被稍加修改从而承认原子，粒子以及

其他那些经常被称为"理论对象"的对象的真实存在。在Sneed的纲领中，被当作解释基础的先前已有的可理解的语言是由科学家的实践所确定的，而不是由哲学家的认识论所确定的。科学家承认原子和粒子确实存在，并且采用一种关于它们的描述性语言，这种语言被用来报告科学观察和科学发现，而这些观察和发现又检验任何关于基本粒子的新理论。这种描述性语言就可以被当作Sheed的先前已有的可理解的语言。于是新的理论名词就是在数学结构中起某种作用的名词，这个数学结构是用来说明那些表述在先前已有语言中的资料的。

Sneed纲领被这样解释以后，就中立科学实在论的问题了。它既可以接受也可以无视隐含在流行科学中的前批判实在论。在这两种情况下这种新方法都没有真正讨论前面所考虑的那些哲学问题。然而，假如这种S型的构述被普遍接受了的话，就肯定会有利于工具主义而不利于实在论。照我看来，还有一些严重的障碍使得人们难以普遍地接受这种S型构述：由于难以理解Sneed和Stegmüller的著述而产生的实际问题，有关Ramsey还原句和对理论的工具主义解释的理论问题；并且，最大的困难问题也许是，Sneed和Stegmüller把Kuhn的理论当作是说明理论发展动力学的经验上恰当的基础[1]。

五

最后一种合理重建方法是由Beth提出的由van Fraassen所发展起来的，可称为B-方法，它与科学实在论问题的关系体现

---

① Feyerabend在他1978年的那本著作中对Sneed-Stegmüller纲领作了更详尽的评价和综述。——原注

在解释意义与描述意义关系的恰当的方法论上。现代哲学关于意义分析的讨论极为错综复杂。逻辑通常被认为是关于外延的而不是关于意义或内涵的。由于这些原因，我们也许最好是首先对意义分析与科学实在论的关系作一番预备性的考察，尤其是考察这种新的形式系统中所使用的那些意义分析技术。

如果我们拒绝不太恰当的被归之于Sellars①的那种强实在论立场，即认为理论的目的是真实地描绘实在，并且集中考虑那些甚至对于最温和的实在论也是基本问题的那些关于真理和指称的问题，我们也有两种看待理论物理学语言的方式可供选择。第一种认为：科学家意图使大多数的关于理论对象的陈述为真，但是不能照字面意义来理解表述这些陈述的语言。第二种是van Fraassen所赞同的，按照这种看法，我们应该照字面意义来理解科学语言，但是由这个语言所表述的科学理论不一定非要是真的才是好的（van Fraassen 1976)。

在考虑van Fraassen 的严格理解方式之前，关于这两种不同的理解方式简单讲几句将是恰当的，van Fraassen用圣经解释中的术语表述了这两种不同的理解方式。

当基础主义者说到一个照字面意义的解释时，他并不是意指人们试图通过原作者的历史背景以及所使用的文学形式来理解有争议的圣经中的陈述，对于一个基础主义者来说，一个照字面意义的解释意味着：如果我，或任何一个正常的人，作出这个陈述的话，我们将会是在讲什么？相似地，van Fraasen 坚持照字面意义来理解科学语言并不表示他试图分析科学家是打算用他们的陈述来讲什么，他所谓的照字面意义来理解科学语言，其意思

① Sellars确实说理论描述实在，但是这种论断与对最终理论将以某种特定方式被纳入一种新康德解释框架中去的方法的预见有关。Sellars在他1968年的著作中讨论了这种描绘，对它们评价见MacKinnon (1969)

就是：如果我或任何一个正常的合理重建者确认我们自己对一个科学理论的重建的话，我们将是在断言什么？

van Fraassen 所反对的那种对科学语言的正确而非照字面意义的理解方式基本上就是Niels Bohr，对从语义学上来理解的量子力学语言的分析。当"位置""动量""粒子""波"等是被断定是，例如，电子的属性时，这些术语的意义依赖于它们在日常语言以及经典物理学中的用法。Bohr' 的互补原则限制了这类术语在谈及量子的语境中的用法。然而，这个原则并不用根据充分条件来定义的更精确的概念来替换这些术语。这个非形式的分析支持了一种温和的科学实在论。例如承认原子物理学的理论陈述为真，就是承认"原子"是一个有真实物理指称的名词，并且承认这个陈述对于原子为真。然而，这种实在论是明显地非形而上学的。"真"，按照Bohr' 的观点，是又一个其意由其习惯用法决定的古典概念，并且它在量子语境中的用法也是由互补原则所限制了的①。

Beth批评标准的H型重建科学理论的方法，部分的是基于这个理由，这种重建设没有澄清意义联系为科学推理提供基础的方式。van Fraasen 沿着 Beth 的这个提示发展了一个基于状态空间描述（state-space cepresentation）的重建科学理论的语义方法（van Fraassen, 1967、1969、1970、1974a)。一个典型的数学物理的理论把关于某领域中的现象的描绘性说明与在某种状态空间中的数学，描述结合起来了。于是，通过赋与 3-n 动量座标而指定的一个n粒子气体构型就由在 6-n 维空间中的一个点所代表。一个量子力学系统的状态则由 Hilbert 空间中的一个矢量的方向所代表。在这个描述性说明中所使用的谓词具有包含、

① 关于Bohr立场的这种解释的更详尽的探讨，请见MacKinnon（即将出版）第八章。

排斥、同一等为大家所熟悉的外延关系。他们的内涵关系可以被划分为：依赖于内容的关系（例如“单身汉”按照标准的定义包含“男人”和“未婚的”），和含义关系[relation of intent]。含义关系的一个例子是：是猩红色的就蕴涵着是红色的，而是红色的又意味着是有颜色的。在关于颜色的逻辑空间中（这些纯质的颜色以色彩、浓度和亮度为其座标），与猩红相应的体积是与红色相应的体积的一部分，而相应于红色的体积又是颜色空间的一部分。以这种方式对一个系统的状态空间描述就可以刻画像包含、排除、和交叉等这样的意义关系。如果我们仅仅处理意义关系的结构，而不去分析意义本身，那么许多传统的意义问题，例如言词、句子、系统作为意义单位的相对优先性的问题，甚至分析一种意义究竟意味着什么这个问题，就都可以被置之不理了。

B方法也和S方法一样主要关心模型论推理而不是证明论推理。在这两种方法中一个数学物理理论的纯粹部分都被释为定义了它所适用的那些系统。然而，在两个很关键的方面它和S方法有很大差别。首先，所使用的模型是对一个物理系统的状态空间描述，而不是一个集合谓词。第二，B方法和其他方法不同，它依赖于语义学蕴涵而不是依赖于公理和规则，van Fraassen，1971，Leblanc 1976）。

如果我们预设在本文第三节中提到的形式语言$\mathscr{L}$，那么语义蕴涵$T \Vdash A$的意思就是：每一个满足T的容许赋值也满足A。我们也可以根据一个赋值空间W来稍稍更宽广的表述语义蕴涵的意思，对于$\mathscr{L}$的所有赋值，$V_{\mathscr{L}}W(A)=\{v\in \mathscr{L}: v(A)=T\}$。因此，通过这些概念，van Fraassen就提出了一个简洁性定理，该定理通过语义蕴涵而给出了一个系统化，这个系统类似于通过公理演绎系统而给出的系统化。在一个H型的构述中，表述在Pdf=中的一个理论T具有简洁性，当且仅当：A成立，当且仅当A

在T的某一有限公理化部分中成立[Schoenfield，1967，p69)。由于成立是一个语义学概念，我们就应该能够不涉及公理而定义它，然后再定义有限的语义蕴涵。这是$\mathscr{L}$具有的一个属性，当且仅当，对于$\mathscr{L}$的任何两个句子集X和Y，$W(X)\subseteq W(Y)$仅当$W(Z)\subseteq W(Y)$，这里Z是一个有限子集。或者，对于一个简洁系统，$X\Vdash Y$，仅当$Z\Vdash Y$。根据命题（2），即Gödel的完备性定理，$Z\Vdash Y$蕴涵着$Z\vdash Y$。

通过这种对应我们就可以用形式语义学来获得一个公理系统的等价物，它是这样一个系统，可根据规则而由该系统的公理导出的每一个句子都属于这个系统。对于这个语义系统，我们把一个系统定义为由语义蕴涵所封闭的$\mathscr{L}$中的一组句子。一个可有限公理化的系统具有有限的语义蕴涵（avn Fraassen 1971，pp40—50)。用更加直观的话来说，这些语义系统表明：一个形式系统的语义观具有与公理演绎系统同样的组织和推理支持力。下面我将首先阐明这种语义学立场如何可以同对物理系统的状态空间描述结合起来，从而产生一种新的合理重建科学理论的方法。然后，我将阐述这种一般方法是怎样被用来把量子力学（或至少是量子力学的一部分）表述为形式系统的。最后，我将讨论和评价这样一种看法：这个纲领的成功促使人们拒绝科学实在论。

van Fraassen 提出的科学理论的语义模型假定，一个物理系统可以有不同的状态，并且，通过基本句子的一个集合E我们就可以刻画这个物理系统，在E中，E的任何一个元素U都赋与一个可观察量以一个在一个域中，一个Borel集中的值。如果我们进一步假定，E在形式语言$\mathscr{L}$之中，并且存在这样一个状态空间H，在其中该物理系统的所有状态都能被描述，此外还假定存在一个解释涵项h，它把$\mathscr{L}$的n元谓词映射到子集H^n之中，而H^n

在H中是n元的，那么，我们就可以通过三个成份来定义一个理论的语义模型：

i）一个只得到部分解释的语言$L=\langle E、H、h\rangle$；

ii）L的一个模型，一个有序对，$M=\langle LOC, x\rangle$，这里x是一个物理系统而"LOC"则是把H中的一个位置赋与x的一个函数。

iii）该理论的定律。

在考察进一步的细节以前，应该提请大家注意这种构述同H型构述之间的两个意味深长的差别。首先，L中的基本句子被映射到A中的各个区域，在这个意义上新语言L得到一种半解释。要通过使用H和x之间的进一步的关系才能得到完全的解释。这和Carnap的部分解释的概念是很不一样。第二，理论的定律，即成分（iii），不应被等同于补充H型构述中的逻辑公理的特殊公理。相反，它们是物理学家所使用的定律，是那些一般地能够被划分为共存定律，相继定律和相互作用定律的定律。

把所有的基本句子映射入状态空间就导致了一个拓朴结构，这个结构反映了刻画物理系统的那些谓词之间的意义关系。定律导致更进一步的限制。在对理论的任何一给定构述中，都存在两类不同的陈述，即由于意义关系而真的那些陈述和由于定律而真的那些陈述的明确区别。然而，一个新构述可能会移动意义关系和定律之间的界线（Wessels，1974）。如果预设状态空间描述对物理系统是适当的，那么它就明确地揭示了一般理论的特征van Fraassen 1972，pp. 306—366)。通过给予在相空间中代表一个n粒子系统的点以$6-n$座标，该系统的状态就被阐明了。这个点的轨迹刻画了这个系统的演化。每一个状态阐明都是一个产生超滤子[ultrafilter]（即被该状态阐明所蕴涵的那些相点的最大集合）的逻辑原子。如果这个状态描述为真，那么被描述在超滤子中的每一个陈述也都是真的。而所有那些没有被描述在该

超滤子中的状态，或者被描述在补充超理想中的状态，都是假的。这是有限语义蕴涵的一个简单例子，这里滤子基是一个状态描述而不是一组公理。

在量子力学中，对一个系统的状态阐明并不自动地决定基本陈述的真值。仅当该状态是对应于可观察者的算子的一个特征状态时，状态阐明才会决定基本陈述的真值。因而，一个关于量子力学的语义蕴涵的理论就提出了一个新的挑战。Van Fraassen试图通过对量子力学的命题作出模态解释，并且在这个新体系中重建Bohr语义学中的一部分，来对付这个挑战。虽然我们必须要作出详尽的分析才能评价这个重建是否恰当，一个较粗略的考察也足以使我们明白他这种方式的重建与科学实在论问题的关系了。

在量子论中，一个基本陈述（或者表述它的句子）是一个把数值（例如位置或动量）赋与一个可观察者的陈述。为了把这种陈述改变为是-否形式的陈述，逻辑要求基本陈述被重建为关于某些值的陈述，这些值对应于这样的映射算子：如果可观察者具有被映射的值那么这些算子就赋与它们值1，否则就赋与值0，这个程序就导致一组基本的真假句子，它们都具有形式(m、c)，都把在Borel集c中的一个值赋与一个量值m。为了要构述一个逻辑，我们就必须要以这样一种方式来定义逻辑联结项：基本句的集合由于可允许的逻辑运算而是封闭的。由于不确定性原则，标准逻辑（这种逻辑是周延的）不成立。我们来考虑这样一种情况：一个具有动量P的粒子被封闭在一个体积为V的盒子中，体积V可从概念上进一步被划分n个子体积V_i，对于每一个子体积$P_{V_i}=h$ 110，（这里h是Planck常数）。通过使用映射算子，我们也可以令P（或V_i）代表这个陈述："该粒子具有动量P（或它在体积V_i中）。"于是古典逻辑的周延律指出：

$$P\&V=(P\&V_1)V(P\&V_2)V\cdots V(P\&V_n)。$$

这个据认为成立的等式的左边部分不过是重述了边界条件。等式右边析取式的每一部分都被Heisenbery的不确定原则所禁止。结果根据关于"&"和"V"的标准定义，一个真陈述却在逻辑上等值于完全由假命题所组成的一个析取式。

理论重建的B方法对于表明量子逻辑如何克服了这个困难是特别适当的。通过映射算子的中介，量子力学的句子(m,c)的集合同构于一个由于一种包含关系而有序的Hilbert空间中的子空间的格。一维子空间、或矢量，代表纯粹状态。任何两个非零Hilbert空间矢量x和y都是互相垂直的，如果它们的内积是零$(x、y)=0$。对此加之扩展以后，我们就可以把一个垂直的补S^+与每一个子空间S联系起来，该子空间包括所有的垂直于S所有中矢量的矢量。两个子空间S和T的相交具有集合论定义$S\cap T$，即它包括并仅仅包含所有既是S的元素又是T的元素的那些子空间。然而，对于并的集合论定义将是不够的，因为两个子空间的并不一定是一个子空间。所需要的是生成空间，例如，对于两个矢量，包括这两个矢量的平面。我们也许可通过使用正交补和交叉的概念、以及通过运用de Morgan定律：$S\oplus T=(S^+\cap T^+)^+$得到一个对并的一般定义。

一个复杂的可分割的Hilbert空间的子空间的集合，其维数是可数的并由于包含关系$S\subseteq T$而成为有序的，构成了一个格，在其中每一个元素S都有一个垂直的补S^+，并且任何两个元素S和T都有一个联$S\oplus T$，(最小上界)和一个交$S\cap T$(最大下界)。该格是不周延的：

$$S\oplus(T\cap V)\neq(S\oplus T)\cap(S\oplus V)$$

$$S\cap(T\oplus V)\neq(S\cap T)\oplus(S\cap V)$$

然而，它是正模的。因为$S\subseteq T$，$T=(T\oplus S^+)\oplus S$。这个状态

的正模格提供了一种发展量子逻辑的方法。一个基本句(m, c)的否定对应于一个一维子状态S，被定义为被映射入S^{+}中的句子。同样的，这里$h(m, c)=S$，并且$h(m', c')=T'$两个句子(m, c)和(m', c')的合取与析取被定义为：

$$[(m, c)\&(m', c')]=h^{-1}(S\oplus T)$$

$$[(m, c)V(m', c')]=h^{-1}(S\cap T)$$

至于这条件句能否通过采用某种简单的马蹄形定义$(p\subset q)\equiv[-pVq]$而定义，人们对此是有争议的。由于语义蕴涵而非证明论是Van Fraassen理论的基础，这个争论就不是很重要的。

通过使用基本句子与子空间之间的对应关系而不考虑把特定的句子称为"真"或"假"的物理意义，这样我们就可以发展一种语义蕴涵逻辑。然而，当我们把目前的非相对论的量子力学看做是对这个形式系统的恰当解释时，我们最终就必须表明这个被解释的形式系统怎样能够处理那些关于混合、重叠和侧度的著名困难的。Van Fraassen表明了这一点。这里我们将仅仅考虑这些问题中的一个，并且我们对它的探讨将仅限于一个足以揭示他这种解释的特点的程度，这些特点与科学实在论的问题是密切相关的。

我们来考虑一下在纯粹状态Ψ中的一个孤立系统，这里Ψ可通过矢量Φ_{i}而被扩展，指Φ_{i}则是某种可观察者m的特征矢量；$\Psi=\Sigma Gd_{i}$。对于这个具有状态Ψ的系统，m的一个测度将能有效地指出Φ_{i}中的一个矢量，例如Φ_{k}，为对应于m的观察到的值。在该测度指出Φ_{k}之前m的值是什么呢？按照Copenhagen学派的理解，这个问题本身就是错误的。只有相对于一个测度装置，把一个值赋与一个刻画某一量子系统的量才是有意义的。然而，按照那种无知解释，每一个量都有一先于测量的确定的值。测量行为并不使测得的值开始存在；它不过是消除了实验者先前对于

这个值的无知。如果用同样幼稚的方式的表述，统计学观会断定，在一组经过同样处理的系统中，每一个系统都处于一个确定的状态，并且量子论的状态函数代表一个加和平均值。在说明关联效应这种解释遇到了众所周知的困难。各种各样的更情致的解释也是可能的，例如Margenan的解释，它的基础是这样一个论点：我们只能把状态赋与总体而不能赋与各个单独的系统。

尽管有这些困难甚至不一致，对于任何一个想要建立一种以语义蕴涵为基础的构述的人来说，认为每一个对可观察者的赋值都是客观地或真或假的这样一种思想显然是很有吸引力的。对量子力学命题的模态解释是由Van Fraassen建立起来的，其目的是要避免无知解释的缺点而同时又保留其语义学的优点。模态解释的基本思想是把由理论而来的预测，例如对Schrödinger的依赖时间的方程的解答，解释为必然陈述，而那些给出观察到结果的陈述则被解释为偶然陈述。通过把"必然真"解释为"对所有可能状态真"就可以使可能世界语义学成为适用的。这样把所有可能状态包括进去就使之与总体解释有相互联系。Van Fraassen试图通过引进一个逻辑的区别于物理学的潜藏变元理论来克服总体解释所遇到的困难。Van Fraassen和Hooker(1976)进一步发展了这个思想，试图重建Bohr语义学中很重要的部分，即量子力学的赋值仅仅在一个实际的或可能的测度的范围内才有意义。通过使可能测度与可能世界相互关联起来，他们使这种模态逻辑语义学适合于处理下面这种形式的虚拟条件句："如果作出了一个m-测度，其结果将在c中。"(Van Fraassen和Hoker 1976p.231)。通过为条件概率引进一个"Popper测度"，他们的这种处理也修改了概率论。

对于我们的目的来说，这种对Bohr重新解释的技术细节并非十分重要，我们更关心的倒是这个分析试图要支持的那个论

点："量子论的经验内容在于它给与我们的测度的条件概率。"在Van Fraassen对量子力学的构述中，没有必要提及粒子、波或原子。人们需要考虑的只是基本句（及其相关的陈述和命题）和它们的状态空间描述。这样重建以后，量子论看起来就成了一个复杂的推理机制，这种机制使得人们从对可观察量的赋值进到对其他那些或许能被观察到或许不能被观察到的量的赋值。根据实用接受论，如果量子力学能被基本上不提及原子和其他的假定对象而被构述，那么量子力学的成功就并不保证这种对象的真实存在。于是对科学实在论的这场战斗似乎也就胜利结束了。然而，这个结论能够成立吗？我们将在下一节中讨论这一问题。

六

由于Van Fraassen的论证的胜利依赖于把对量子论的合理重建视为解决本体论问题的恰当基础，看起来，在评价他这个结论时我们首先考察实际科学理论同对它的合理重建之间的关系将是比较恰当的。由于Van Fraassen给与语用学以最优先的地位，这种考察也是特别重要的。H型的重建把同一个逻辑系统作为所有被重建理论的核心，而B型重建则依据科学理论被确立了的成功来接受科学理论。然后人们选择恰当的逻辑工具来重建被接受理论的各个不同特点。物理学家，而不是哲学家，决定物理理论的内容和可接受性。

作为实际物理学基础的量子力学的构述基本上是由Dirac所给出的①。这里把量子力学系统与经典力学系统区别开的基本特

① Dirac的转换理论被视为量子力学的一般构述，而Heisenberg和Schrödinger的表达则是它的特例。对这个构述的隐含的解释基础和逻辑结构的详尽考察可在MacKinon(1974)中找到。

征是：前者服从一种对于后者来是非常荒谬的叠加原理。于是原子的偏振状态就可视为两个以上的偏振状态的叠加。由于矢量也服从叠加原理，一个Hilbert空间（它是一个矢量空间）就被选择来代表该系统而不是一个相空间。如果我们不把粒子、原子和分子等看做是其状态服从叠加原理（或其他某个使量子力学区别于经典物理学的原理）的系统，这种选择就是没有理由的。

量子力学系统的状态基本上取决于可同时确定的可观察者或动力学变元的最大数量。并非所有的相关可观察者都容许同时确定，这个事实也是来自于这种分析的后果，即分析测度电子和其他这类系统的原性时要涉及到什么。通过把对可观察者赋值的陈述划分为相容类，我们就可以更抽象地处理这个问题。这里，对这样一种划分的唯一合理辩护，同样也是来自于物理学家所学会的把属性和赋值与如同场、粒子、原子和分子等这样的物理系统。

Van Fraassen的重建并没有把所有的非相对论量子力学作为它的重建对象。它的基础是基本句的集合，它把值赋与刻画处于一个状态中的一个系统的可观察者。由于该基本句集是所有量子力学句集的一个子集，它就可以提供一个重建的基础，即使在该重建中人们并不直接谈论物理系统（这个系统的可观察者具有这些值)。尽管如此，仅当刻画这个子集的那些显著特点被视为一个更大集的一部分时，这些特点才是可理解的。这里，这些显著特点经历过一场旷日持久的争论：关于波、粒子、场、原子和确定它们状态的可观察者，我们能将有意义地和正确地讲些什么？

虽然对实体承诺是由接受的语用学所决定的，它们是通过语义学而表现出来的。这里关键的问题是意义，指称和真理。由于Van Fraassen的语义学并不需要指称原子和粒子，它似乎就避免了这种实体承诺。然而在这里，表面现象会使人误入歧途，并不能导致正确的本体论结论。通过考察在语义学表述和对真理的

讨论中所涉及到的那些预设，我们就可以看清这一点。

在讨论这样一个被重建了的系统的语义学时有必要区分前形式和形式的语义学。前形式的语义学所讨论的是在给出象量子逻辑那样的形式结构以前所赋与基本句子的语义学属性。这里，使得非Boole逻辑成为必要的显著特点是把这些基本句分为相容类的划分。正象我们已经注意到的，这个划分是对把值赋予刻画原子实体的可观察者时所涉及到的问题的部分解决。尽管对这些实体的承诺并没有直接表现在该形式语义学中，但正是由于预设了这种承诺才导致我们选择了这个用于该形式语义学中的描述。

在将"真"赋与语句的时候，也出现了类似的情况。在Van Fraassen的重建中，人们并不谈讨原子实体。可是，对原子实体的承诺却扮演了一种预设的角色。在一个以语义蕴涵为其基础的构述中，关键的问题是把"真"定义作为基本句的属性。这个定义有两个步骤，第一个是上面考虑过的语义学方面，即把基本句映射入状态空间区域的满足函数。尽管可以定义"真"，它仅仅为一个半解释语言下了这个定义。

第二个步骤是语用学的而不是语义学的。通过把状态空间的区域赋与物理系统的位置函数，我们就从一个半解释语言过渡到一个完全被解释的语言。仅当在完成了这一步骤以后，我们才能把陈述说成是对于其事物为真。因而，这里首要的要求就是选择一个能恰当地描述这个被探讨的物理系统的状态空间。如同已经指出的，人们选择了Hilbert空间，因为它提供了最好的方式来描述原子和类似实体的状态。如果没有这个预先的本体论承诺，对Hilbert 空间的选择是没有合理理由的。

Van Fraassen模型的功效和力量的最显著的表现就是：以这个模型为基础，我们可以得到一个不同于Van Fraassen自己所喜欢的那个反实在论解释的另一个解释。这一点甚至对于我们

所考察的那个预设的作用来说也是真的。于是，Van Fraassen出来争辩，说关于科学说明的较早理论是不正确的，因为它们的出发点通常是由逻辑学家而不是由科学实践所提供的演绎结构。科学家的实践就是在被接受的通常是隐含的预设的背景下提出问题："为什么是P而非Q呢？"（Van Eraassen，1977a），这就提供了一个逻辑重建所必须重建或至少必须认识到的那种解释。

实际科学理论预设了粒子、原子和分子的实在性，因此一个忽略进而否认它们的重建就会像是没有丹麦亲王的哈姆雷特一样。不过，这样一个接受并不解决说某一事物为真实究竟是什么意思这个问题。认为物理学描绘了一个Kant意义上的现象世界这种观点同这里所提出的立场将是一致的。这是一个外部的问题。这里我们所一直关心的是内部问题，所论证的是如果不把原子和粒子看做物理上真实存在的，那么我们就既不能研究物理学也不能恰当的重建物理学。

七

我们所考察的这些倾向有一些令人困惑的特点，占统治地位的实在论者反对最终依赖于模态逻辑。然而他们自己却依赖于把最终科学理论表述在标准逻辑之中的必要性。尽管他们强调科学实在论，他们却步他们的实证主义的先驱者的后尘，断定说：对意义，真理等问题的分析，对科学陈述的可确性的分析以及对科学理论的实体承诺问题的分析等都不需要建立在实际的科学例子的基础之上。对于这些目的来说，只需要考虑这些情况就够了：乌鸦总是黑色的，除了在澳州以外天鹅总是白色的，绿宝石暂时是绿的，以及Democritus和Lucretius的原子论。

反实在论者却坚持对科学采取一个描述的和历史的实在论立

场。如果观察报告、概括和解释等全部依赖于一个由受历史条件限制的那些预设所组成的背景网络，那么，从实用的观点看来，唯一现实的选择就是分析实际的而不是理想的科学。适用于一切科学理论的理论的说明形式当然也还是起着一种启发性的作用，但是我们不再有任何理由把某一种逻辑重建者看做是普罗克拉斯之床式的东西：所有的理论都必须通过适当的拉伸或砍截而最终符合于这种重型。

我相信，近来对流行实在论的攻击并没有能成功地用新Duhen主义式的工具主义来取代实体实在论。不过，这场攻击突出地显示了实在论在当前被接受的形式的缺点，从而使得今后应做的工作变得很明确了。对实在论的捍卫将取决于指称和真理问题。只有通过分析词和句子在理论和概念构架（它们自身也是重要变化）的中起作用的方式，才能解释这些问题。变化的可理解性当然是最为古老的哲学问题了。有些人既反对Parmenidean否认有真正变化的观点，又不同意许多新Heradite主义者彻底相对主义，对他们中的许多人来说，方法论上的Plato主义似乎就成了一条出路。人们可以专心考虑末世物理学或它的合理重建所必须具有的理想形式，然后再建立一个适合于这种预期理想的本体论。

这种方法论上的Plato主义不再像是一个可行的办法了。无论是对科学实在论的批评还是对它的捍卫，其基础都必须是由发展着的科学家团体所发展起来的科学，而不是由逻辑学家所预期的重建，只有这样，这种批评或捍卫才有可能是可接受的。在此基础上来捍卫科学实在论仍然是一个突出的未完成的任务。

参考书目

Balzer, W and Sneed, J. (1977), "Generalized Net Structures of Empirical Theories, I". Studia Logica 36, 195--211.

Cartwright, N (1974), "Discussion: van Fraassen's Modal logic of

Quantum Mechanics" Philosophy of Science 41: 199—202.
Dorling, J.(1975). "Review Artick: The Structure of Scientific Inference", *British Journal for the Philosophy of Science* 26: 61—71.
Feyerabend, P.(1977). "Changing Patterns of Reconstruction", *British Journal for Philosophy of Science* 28: 351—69.
Godel, K.(1967). "The completeness of the axioms of the functional calculus of logic".
Hesse, M.(1963), *Models and analogies in Science*.
Hesse, M.(1967), "Models and analogies in Science. *The Encyclopedia of Philosophy*, Vol.5:354—59.
Hesse, M.(1974). *The Structure of Scientific Inference*.
Hesse, M.(1976). "Truth and the Growth of Scientific Knowledge".
Kleene, S. C.(1952), *Introduction to Metamathematics*.
Kleene, S. C.(1967), *Mathematical Logic*.
Kyburg, H. (1968), *Philosophy of Science: A Formal Approach*.
Leblanc, H.(1976), *Truth-Value Semantics*.
MacKinnon, E.(1969), "Science and Metaphysics: A Critical Review." *The Philosophical Forum* 1: 5095—45.
MacKinnon, E.(1972a), "Theoretical Entities and Metatheories."*Studies in the History and Philosophy of Science*. 3: 105—117.
MacKinnon, E.(1972b).The *Problem of Scientific Realism*.
MacKinnon, E.(1974),"Ontic Commitments of Quantum Mechanics", *Boston Studies in the Philosophy of Science*.12: 255—308.
MacKinnon, E.(即将出版)*Scientific Explanation and Atomic Physics*. Vol.1: *Historical Development*.
McKinsey, J.,Sugar, A., 和Suppes, P.(1953), "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", *Journal of Rational Mechanics and Analysis*.2: 253-72.
Minogue, B.(1978), "Realism and Intensional Reference", *Philorophy of Science* (《科学哲学》).45: 445—455.
Moulines, C. (1975). "A logical reconstruction of simple equilibrium thermodynamics", Erkenntnis 9: 101—130.
Rescher, N.(1970), *Scientific Explanation*.
Rorty, R.(1976). "Realism and Reference", *The Monist*, 59: 321—340.
Schoenfield, J.(1967), *Mathematical Logic*.
Sellars, W.(1968), *Science and Mesaphysics: Variations on Kantain Themes*.
Sneed, J.(1971).*The Logical Structure of Matheimaical Physics*.
Sneed, J. (1976). "Philosophical Problems in the Empirical Science

of Science: A Formal Approach" , *Erkenntnis* 10: 115--146.
Stegmüller, W.(1969), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*. Vol.I.
Stegmüller, W.(1976), *The Structure and Dynamics of Theories*.
Suppes, P.(1957), *Introduction to Logic*.
Thomason, R.(1970). *Symbolic Logic: An Intoduction*.
Van Fraassen, B.(1967), "Meaning Relations among Predicates" .
Van Fraassen, B.(1969), "Meaning Relations and Modalities" .
Van Fraassen, B.(1970), "On the the Extension of Beth' s Semantics of Physcial Theories" ,*Philosophy of Science* 37: 325--39.
Van Fraassen, B.(1971), *Formal Semantics and Logic*.
Van Fraassen, B.(1972), "A Formal Ápproach to the Philosophy of Science" , *Paradigms and Paradoxes: The Philosophical Challenge of The Quantum Domain*.
Van Fraassen, B.(1973) "Semantic Analysis of Quantum Logic" .
Van Fraassen, B.(1974a), "The Formal Representation of Physical Quantities" ,*Boston Studies in the Philosophy of Science* 12: 16?—20?.
Van Fraassen, B.(1974b), "The Labyrinth of Quantum Logics" , *Boston Studies in the Philosophy of Science*.12: 224--254.
Van Fraassen, B.(1974c), "The Theoretical Entities, The Five Ways", *Philosophia* 4: 95--108.
Van Fraassen, B.(1975), "Wilfrid Sellars on Scientific Realist" ,*Dialogue* 14:606—616.
Van Fraassen, B.(1976), "To Save the Phenomena" ,*The Journal of Philosophy* 78: 623—632.
Van Fraassen, B.和Hooker, C.(1976), "A Semantic Analysis of Niels Bohr's Philosophy" .

王小光 译

曹秋华 校

科学理论的目的与结构*

Bas C. Van Fraassen

科学哲学试图回答科学是什么的问题，正如艺术哲学、宗教哲学等诸如此类的学科回答什么是艺术、什么是宗教等相似的问题一样。我们的研究传统不论好坏都把注意力集中在科学理论上而不是集中在科学活动本身上（用一个类比来说，即只注重研究究产品，而不注重研究生产的目的、条件和过程，这个类比所使用的术语就已经把产品当作是最重要的东西了）。然而，如果要从整体上明瞭科学的话，那么科学活动的一切方面都必须阐明。因此，尽管我们的分组讨论会有确定的课题，我仍想在对科学理论的结构进行描述之前，以专门一节谈谈科学的目的，以及对于科学理论的认识论的或doxastic态度的适当形式。

一、科学的目的

构造、检验和改进科学理论的活动——能为科学共同体内部所接受并提供给公众的那些理论的生产过程——的目的是什么？

我在这里所说的目的既不是指参与这种活动的个别科学家的动机，也不是指给这种活动提供资金或以其他方式支持科学活动

---

* "The General Methodology of Science", *Logic, Methodology, and the philosophy of Science*（第七届《科学逻辑，科学方法论与科学哲学国际会议》第六卷）中"一般科学方法论"。（Proceedings of the International Congress, Vol. II）。——译注

的那些人的动机。我也不去寻求某些可以说明这种活动的从理论上假设的"基础设计"。对被当作活动的定义条件之一去追求的目的的描述，正是对任何活动——共同的或个人的，大规模的或小规模的——作直接描述的一部分。在最一般的意义上说，所追求的目的就是成功，而问题在于：在科学活动这种特定的情况下，什么算作成功？什么是成功的标准？

在这里，如果我们不考虑一下科学理论这种产品为何物，我们就不能回答上述问题。科学理论必定是这样的东西，我们可以接受也可以拒斥，可以相信也可以怀疑；接受一理论意味着认为它是成功的；科学旨在供给我们可接受的理论。在更广泛的意义上说，理论是认识论态度或至少是doxastic态度的对象。这种态度的一种典型对象就是一个命题，或一组命题，或更一般地是关于世界是什么样子、事实是什么的假定的信息体系。如果谁想成为工具主义者，他必定会否认我的上述说法。工具主义者必定会说，对理论的doxastic态度的表述是省略了的说法；他必定会把"相信理论T"解释为"相信理论T具有某些性质"。我不准备遵循这条途径。我要在这里加以说明的是，作为第一个假定，理论本身就是其被相信或被怀疑的东西。

在这一点上我们立刻就会看到，对我们所有的问题有一个非常简单的可能回答，我们将其称之为*科学实在论*。这种哲学认为，一理论非真即假，而成功的标准就是真理。由此可以推知，把一理论视为成功的接受下来，就是相信它是真的，或者含有这种相信；而科学的目的就是给予我们关于世界是什么样子的真的理论。

考虑到我们认识论的局限以及合理的哲学[doxastic]态度所导致结果的假定性质，上述回答当然必须从各方面加以限定。因而我们应加以补充的是，虽然一般情况下我们无法知道理论是否

已经满足了成功的标准，我们仍可以合理地持有一个较高的相信度，相信它已经满足或近似地满足了成功的标准（即理论的一组"小变体"中的一员精确地满足了成功的标准），而这同样限制了在实践中接受这种理论。当然我们还要进一步补充说，经验主义拒斥了独断论，就是说，不管我们采取怎样的哲学[doxastic]态度，我们随时都准备根据进一步的证据来修改它。这些全都是任何人都必须承认的一种普遍的限制，从而是不言而喻的。这些限制并不损害科学实在论立场中吸引人的和似乎是纯朴的明瞭程度。

我在阐明这种立场并把它与其他选择加以比较之前不准备去讨论理论的结构。因为在我看来，认识到对理论的分析——即便是关于理论是什么的非常传统的分析——不必去预先假设它，这是非常重要的。让我们继续保持科学实在论的假设，认为理论是对世界本来面目的表述，它们非真即假。虽然它们所表述的可能是真的或假的，但是在把真值"存而不论"的中性意义上，这种表述仍然是真正有意义的信息。

我之所以提倡一种对科学实在论的替换方案是有若干理由的。其中之一就是，如果其他条件都相同，接受的理由中仍包含了许多有损于真理的似真性的成分。在构造和评价理论的过程中，我们既追随我们对信息的期望又追随我们对真理的期望。然而，对于相信来说，除了对真理的期望外一切都必定是"别有用心"的。既然存在着接受的理由并非相信的理由这种情况，所以我断言接受不是相信。并非理论的信息量越大它越可能是真的，这对于我来说是一个基本的逻辑要点——而企图用需要信息的那些特点（诸如"最好的说明的推论"）来描述归纳的或证据的支持必定是自相矛盾的或含糊其词的。

从这种观点到一种不同于科学实在论的具体的科学理论观尚有很长一段距离。然而，一旦我们在接受和相信之间作出了区

分，我们就可以重新考虑揭示科学的意义的可能方式。现在让我用自己的观点来结束上面的初步陈述，我将其称之为构造经验主义。它认为科学的目的不是通常正义上的真理而仅仅是经验的适当性，也就是说，是有关可观察现象的真理。接受一理论时所包含的相信仅仅意味着，认为该理论在经验上是适当的——但接受所包含的不止是相信。

我认为，虽然通常意义上的真理因此而与理论的成功不相干，它仍是适用于科学理论的一个范畴。确实，理论的内容是对世界面目的表述，而这种表述非真即假。在这里，正如在其他任何场合一样这种真值观念的适用性仍然是一切逻辑分析的基础。当我们考虑一特定的理论时，立即面临着一个仅仅与其内容有关的哲学问题：世界怎么可能是该理论所表述的那样呢？

这对于我来说是至关重要的基本问题。而对该问题的讨论既不预设赞成科学实在论，也不预设赞成不同于科学实在论的别的科学理论观。这是科学哲学中实在论者和反实在论者可以完全中性地对话的领域。

二、理论结构——诸模型及它们的逻辑空间

在这节中我将提出一种使语言与本课题很不相干的理论观。当然，要提出一个理论，我们必须在语言的形式中提出或靠语言来表达。这是很平常的观点，因为除了可以通过物体或事件的直接显示来传递信息这类特例以外，任何有效的信息流都靠语言来进行。此外，既由于我们自己的历史——即在本世纪上半叶极其注重语言分析的科学哲学的历史——也由于语言之固有的重要性，我们不能忽视科学的语言。所以我将把语言作为最后一节讨论的课题。

在目前所谓公认的观点中，一理论被看作是公理化理论。即是说，它作为一组句子被定义为更小的一组句子——即该理论的公理——而逻辑推论。一种区分被作出：既然公理及被正常地看作是实际上可呈现的，从而是句法上可描述的，那么可以认为理论本身是没有被解释的。于是区别在于科学理论有一种伴生的解释，这种解释把理论术语及其预期的范围联结起来。我们都知道这种观点的不幸遭遇及其种种困难。在这类把科学理论看做是一种特殊的被解释的理论的观点中，只有两种大致上能成立。第一种观点坚持这类理论的形式化特征，并认为联结理论与世界的是一种部分解释。在这种见解中对我最有吸引力的仍然是赖欣巴赫的观点，他主张理论的联系有着物理相关物。当我们去考察下面这个范例时这种部分性就突出来了：光线为直线提供了物理相关物。但是显然并非每一条直线都是实际光线的通过途径，所以说语言-世界的联系是部分的。第二种观点在亨佩尔的后期著作中达到了完备的程度，其成功依赖于把公理看作是已经在自然语言中加以表述了的东西。解释的原则已经逐渐演变成公理中的公理了。也就是说，公理可以划分为两类，一类是纯理论的公理，这些公理中的所有非逻辑术语是专门引入来表述理论的；一类是混合型的，这些公理中也出现非理论的术语。显而易见的是在这两方面的发展中，尽管他口头上说他在解决解释问题，实际上所谓解释的问题还是被抛到后面去了。我们没有解释理论术语的选择余地——我们只有这样的选择，即或者把它们看作是（a）我们并未充分地理解但却知道怎样运用于我们的推理之中又无损于科学的成功的术语；或者把它们看作是（b）已经构成自然语言的一部分的术语，而且对它们的理解并不比对语言的其他部分的理解更难。这两种选择，这种关于新引入术语的意义和理解的正确观点，并没有可觉察的实践上的区别，对于科学哲学来说实际上

没有关系。这是向语言哲学家提出的一个好问题，应该留给他们去解决。

在任何一个悲剧中①，我们怀疑从一开始就犯下了某些决定性的错误。我认为，这里的错误就在于把理论与理论在某种特定语言中的表述混淆起来了。第一个扭转这种倾向的是P. 萨普斯(Parick Suppes)，他的著名口号是：科学哲学的正确工具是数学，不是元数学(metamathematics)。这个口号是在受逻辑和意义理论的成就所蛊惑的50年代所提出来的，因而没有引起什么反响。萨普斯的观点是简明的：要提出一个理论，我们就直接定义它的模型的类，丝毫不必考虑它可否在任何一种语言中可否公理化的问题。而如果象这样的理论必须等同于某种东西的话——即如果必须使理论具体化的话——那么一理论就应该与它的模型的类相一致②。

无论如何这个程序在现代数学中是很普遍的。萨普斯由此得到了启发。在几何的现代表述中，我们看到的不是欧几里得几何的公理系统，而是一个欧几里得空间的定义。同样，萨普斯和他的合作者们试图用一个牛顿力学体系的定义来取代牛顿公理的方式，重新阐述牛顿力学的基础。这个例子为我们提供了科学理论的一种格式。在R.吉尔(Ronald Gicre)近期的选著中，一个理论由以下这些部分组成：(a)理论定义，它定义了某一类系统；(b)理论假设，它断定某些种类的真实系统属于那个类。

① 我这些话是经过反复考虑的：对科学哲学家来说，卷入逻辑学和语言学纷乱之中实属悲剧。这对认识不管是逻辑科学还是语言都毫无裨益。不过偏偏我们对此还有必要进行论战，因为科学哲学中表述的许多东西在术语方面是建立在错误的基础之上的。

② 如果模型被定义为部分语言实体，每个实体同一个特定的句法相结合，就象许多标准的逻辑教科书中可做的那样，那么Suppes革新的影响就消失了。这里说的模型是数学结构，它们之所以称作一给定理论的模型仅仅因为它们属于的类被确定为那个理论的模型。见第四节。

这是朝着较为深刻地分析科学理论结构的方向迈出的一步。这种最初层次的分析从整体上（überhaupt）提出了理论观点，但我们不想停留在这个层次上。我们通过在相对性的理论和非相对性的理论之间作一区分还可以向前走一步。后者所表述的系统是时间上发展着的物理实体，因而这些物理实体有着在其发展过程中供其呈现和变化的可能的状态空间。由此导出统一于某个共同状态空间的模型簇概念；此外，每一模型有着一个附加上某种“历史函数”的对象领域，这个“历史函数”规定了每个对象的历史，也就是该状态空间中的一个轨道。如劳伊德（Lloyd）女士在提交这次会议的论人口发生学（population genetics）的论文中所述，一个真的理论应有许多这样的模型簇，而每一模型簇都有自己的状态空间。所以理论的提出必须通过描述状态空间类型的一个类来进行。

对于相对性的理论，初期的表述可以大致地描述为对时间上发展着的客体的相对论意义上的不变描述——例如这些客体的特有时间（paoper time），或一特定的宇宙学模型（如Robertson-Noonan模型）的宇宙时间。由 Glymour和 Michael Friedman进行的一种更一般的研究，把时-空本身看作是诸系统。这样一个时空理论T的提出可以表达如下：某个（T-）时空是个四维的微分簇M（differential maniffold M），分布着某些要求满足（T的）场方程的（界定在M上的）几何客体，并通过（T的）运动方程选出某一类的特征曲线（即某一层次的物理粒子的可能轨道）。

显然我们还可以用其他的一般方式进一步区分这两类理论，例如关于压力定律（imosed law）的随机性和确定性的区分。（然而必须指出的是，除了在象狭义相对论的扁平时空这样的特定场合中——即时-空曲率独立于物质-能量分布-以外，把非决定论

引入时一空画面存在着严重的概念上的障碍。

我不准备详述科学中基础研究的具体情况。但我想指出，我所概述的观点——即与公认观点对立的语义学观点——是更接近于科学研究的实际的。我们可以相对容易地从论及理论的科学文献中去鉴别和划分应包含在理论模型的类中的诸结构的类。相反要发现可以被用作整个理论的公理的那些定律通常则是相当困难的。常见的明显定律常常是对模型的特定子类的部分描述，它们的概括是含糊的且常常在逻辑上逐渐成为无内容的。让我们举两个例子：一是量子力学中的薛定谔方程。这也许是最著名的和最广泛应用的定律——但由于它只适用于守恒系统因而不能真正成为量子论的公理。如果我们考察一般情况，我们发现能够证明这个方程在某些条件下，对于某种恒定的哈密顿函数来说是适用的——但这是一个数学事实，因而是没有经验内容的。第二个例子是人口发生学中的哈丁-温伯格定律(Hardy-Weinbers Law)，该定律也出现在本学科的所有基础性讨论中。但由于它只适用于某些特定的条件，因而几乎不能算作该理论的公理。如果我们观察一般情况，我们发现这样的逻辑事实，即某些假设暗示了该定律描述了一种在单独的一代人中能够达到且保持下去的平衡。这些假设是非常特殊的，而从该定律的更为复杂的各种变体中可以演绎出更现实的假设——在一种开放的和无限的精致化的序列中。

我们在这种观点中发现的是描述相关结构的一种方法，这种方法也是直接与我们的课题相关的，并且也被看出是相关的。由逻辑实证主义传统中产生的经院式的逻辑主义的区分——观察词汇与理论词汇的区分，克雷格还原，拉姆齐（Ramsey）句子，一阶（first-older）可公理化理论，以及可投射的谓项（projectible predicates），还原句子，倾向性术语，和所有其他那些

不合理的东西——已经使我们远离了整个科学大厦十万八千里，自从萨普斯号召转到非语言学的方向上来，距今已经大约30年了，我们才逐渐地同实际科学有了接触。

三、理论结构——与世界的关系

上面我曾提到吉尔（Giere）对语义学观点作了精彩的简明扼要的阐述：通过给某一种（或数种）系统下定义，再加上一个或数个假设，假设某一种（或数种）真实系统属于这个被定义的类。就给出了一个理论。于是我们就说理论定义和理论假设共同构成了对该理论的给定表述（用一种规范的形式）。例如，一种"小小"的理论可以定义牛顿力学系统类，并断言我们的太阳系属于这个系统。

在这里，真理和谬误并没有什么特别令人费解的地方。如果世界上的真实系统的确属于所指出的被定义的类，这个理论就是真的。从逻辑的或更一般的语义学的观点来看，我们可以把整个世界的诸模型看作是暗中给定的，这个世界就象理论假设所断言的那样。当然存在一个关于这整个世界的各个模型的非常大的类，在这个类中我们的太阳系是一个牛顿力学系统。在一个这样的模型中，除太阳系外别无他物；在另一个模型中，除太阳系外，还有恒星；在第三个模型中，太阳系存在，而海豚则是太阳系中唯一的理性居民。而世界必定不是以这种方式就是以那种方式存在，所以为果真实世界本身是（或同构于）这些模型中的一个，这个理论就是真的。这等于我们熟知的同一观点的两种表述的任意一种：

a)为果理论所认可的可能世界之一是真实世界，这个理论就是真的。

或b)为果所有实际状况正如理论所阐述的那样，这个理论就是真的。

但是，尽管真理的问题在这里并不格外造成概念上的困难，我还是认为它并不标志与世界的关系，后者是科学在它的理论中所探索的问题。正如你们所知道的，这正是科学实在论和经验主义争论的焦点。但如果把这个问题本身放在一边，我认为即使科学实在论者也需要密切注意理论对世界的更紧密更经验化的关系。这种关系我叫作经验适合性。

逻辑实证主义的传统构述不仅是极不恰当的而且导致了，一大堆"人为的问题"(这些问题是哲学研究中人为造成的，而不是研究问题本身所固有的)。粗略地讲，一理论的经验内容被等同于句子的集合，即该理论在某种"观察"语汇中的推论。在我自己的研究中，我最初是在某些波兰作者(Przeleuski 1969 年和 Wojcicki 1974 年)以及达拉·齐亚拉(Dalla Chiara1973年)和托拉尔多·迪·弗朗赛(Toraldo di Francia 1977 年)的著作中，以及在萨普斯论述他称作经验代数和数据模型的著作中(1967年，1969年)，遇到用更恰当的概念所作的阐述的。虽然其中有些阐述仍然还是过于强调语言的方面，但是他们研究方式中的相似性却是显而易见的：即都把模型的某些部分看作是经验子结构，而它们都是代表在我们的经验中科学面对的那些可观察的现象的。

在这一点上，我曾觉得象这样解释的(模型与实在的)关系一旦从语言学元素中抽象出来，它与赖欣巴赫(Reichenbach)力图通过协调定义这个概念来识别的那种关系正好相当。例如在一时空中，测地线(geodesics)是准备用来表现光线和自由降落粒子的通过途径的。更一般地讲，被视为同一的时空关系是准备用来表现现实的一般同一性(genidentity)和信息联系构成

的关系结构的。这些现实的物理结构应能够被嵌进时空的某些子结构中，不过这要考虑到许多不同的可能性，现实的物理结构可以说是其中的任意一种。

由此我们看到世界上的经验结构既是现实的又是可观察的部分；而经验适合性就在于所有这些部分在理论所许可的某个世界模型中的可嵌入性。

萨普斯已经非常详细地研究了数据模型的结构，以及它们对理论模型的经验制约。被认为是正好与此题目有关，对物理基础的先验推理具有了一种新的可理解性（见我1980年在太平洋科学协会上（PSA）宣读的论文和1982年刊登在《综合》(Synthese)杂志上的论文)。对可能的结构形式的考虑"从下面"制约了理论模型的一般形式，这些结构形式可以根据共同实验结果加以限制；而把假定的一般定律，对称性的约束等东西强加在理论模型中则可以"从上面"限制理论模型的一般形式。

四、科学语言

我们现在终于碰到了我在讨论中力图回避的问题：语言。我得承认我一开始也被现代逻辑取得的某些成就感动得过了头。因此，我的《科学映象》那本书的一位评论者（John Worrall）能够引用我在书的第一页上对本课题的评论：一理论的句法学特点和语义学特点之间的相互关系，"使人难以相信语义学立场和句法学立场中任何一个是更为优越的"。这类相互关系当然是指那些由概括得出的完全性证据所描述的关系。我早已改变了对这种关系的理论意义和实际意义的看法。

从理论观点来讲，通过定义其模型的类提出一种理论时，结构

的那个类一般不能等同于任何一阶语言模型的基本类①，其理由可在限定的元定理中找到，这暴露了完全性的不好的一面 举一个最基本的例子，如果一位科学家描述模型的一个类，他可能包括的数学对象是实权连续统。可数的第一阶语言模型的基本等级中并非每个模型都包含实数。一旦我们从数学转向元数学，我们就达到了怎样一个形式化的水平：在这个水平上，许多数学上的区分都不能作出——当然除了靠指令，就象我们论及"标准的"或"指定的"模型时那样。而一旦我们这样做了，我们就是在使用一种不易受句法程式影响的描述方法。

从实践上来讲，我们必须指出，对科学基础的实际研究与可以从句法上获得的公理体系之间有着巨大的差异。尽管这种差异并不影响仅仅以"原则上"可能的东西为转移的哲学观点，但是它肯定会影响理解和澄清哲学论点的真实可能性。

初步分析了这种情况以后，我们还要谈论语言问题吗？我认为回答是肯定的，这种回答不是在任何泛泛的基础上，而是有若干具体的理由。

在详述这些具体理由之前，让我们暂时先从总的方面来看语言和语言研究。我们对罗素的那种底层理想语言的观点很熟悉。这是一个构架，自然语言是建立在这个构架上的完全活生生的有机体，肉体当然是偶然的、特异的，并受当地生态环境的影响。最后，这个构架是逻辑语言，而对于与罗素同时代的人来说，问题仅仅在于为了充分描述这个构架，是否需要用另一些附加的符号来扩充数学原理（Principia mathematica)。

我们必须提出与此相反的自然语言的观念，它不是由任一种

① 这回答了在另一篇评论中 Michael Friedman 提出的问题。可惜 Friedman假定了一个相反的回答，并把他的一部分评论建立在这种猜想之上。

这样的逻辑构架的任一次实现所构成的东西。现在逻辑为我们提供了许多种构架。语言学家们已发现了许多被使用的语言，对于这些语言还没有一种现存的逻辑构架给出令人满意的模型。自然语言存在于人类用来作各种不同的语言游戏的那些手段之中。逻辑所研究的语言是这些特殊的语言游戏中的部分游戏的模型，而且是相当浅薄的模型。在由逻辑所描述的对象这个意义上，有人认为原则上一定存在着一种语言，它对作为一个整体的自然语言来说是一个合适的模型，这种观点可以说和那种认为一定存在一个集合，它就是集合论的整体的说法太相似了。

所以，如果我们在科学哲学中应用我们的逻辑方法，我们应当象在其他方面一样，自己去建立语言中和科学语言特别相关的有意义部分的模型，这些部分的范围可大可小。

在我看来，尽管一种语言能够表述一给定理论，但选择描述这种语言的任务是不明智的。其理由是，靠句子的满足来描述结构，就我所知，一般比直接的数学（而不是元数学）描述的信息量少，并且不太能说明问题。在几乎所有的语言倾向于科学哲学研究中，都明确地或暗含地采用了这个选择。当然，在几乎所有的逻辑实证主义科学哲学的阵营里都暗含地作出了这个选择。

在另一极，我们可以选择一个很小的语言部分，比如我叫作基本陈述的部分。首先我把它们描述为将一定的值赋予某一可测量的物理量的陈述，从而句法形式是不重要的——它总有点象“m 具有值 r”这样的句型——而只有语义研究具有某种意义。而对量子力学基础中各种问题的挑战，我在两方面扩大了我的基本陈述的概念。首先，我承认值的范围（波莱尔集）的属性逻辑上可能是截然不同的，其次，我承认从值的范围到可测量的量的多种状态的属性也可能是不同的。（然而，应当补充的是，我很快发现，把精力集中在可用基本陈述表达的命题上比集中在陈述本

身要有利得多。在那点上，用句法描述无济于事。)

在这两极之间存在着若干要点。这里我要特别指出，自然语言的某些形式，虽然常常用于科学理论的非正式表述，但是长期以来都存在着哲学上的混乱。主要的例子是因果性和物质形态。在经验主义观点看来，除了现实事物之间的关系外，只存在着词和观念之间的关系。而因果的和形态上的常用语似乎导入了各种可能性之间的关系，以及现实与可能的关系。既然不可约概率(inreducible probability)是物理学中实际存在的事实，且概率是这样的一种形态，所以回避这个问题是不可能的。不过，如果我们要成为经验主义者，那么我们就应该把可能性范围限制在思想和语言之中。换句话说，一个经验主义者的立场必须是，对模态的哲学探讨，即使在科学中进行，也应成为意义理论的一部分。

在第1和第3节中，我已阐明了经验主义关于科学模型的一个重要的观点。即模型可以包含许多与非实在因素相对应的结构，尽管这无损于模型的功能。表现实在的模型部分包括对实际可观察现象的描写，也许还会包括更多的东西，但是，显然只有这部分才能成为整个模型中合适的部分。

我认为这为我们设计意义理论的方案提供了所需的余地。如果语言和实在之间的联系用模型作媒介的话，这种联系也许是很不全面的——尽管没有使语言失去完善的语文结构。我认为对语言的解释不仅仅是把真实指称同语法表达联系在一起，相反，这种解释分两步进行。首先，某种表达式在模型族中被赋值。由于那些模型因素也许和实在因素相对应，所以可间接获得指称物或外延。然后，对模态表述的探讨可以大大凭借模型中的结构，这种结构超过了模型对实在的表述。

用图表达这种观点即使不甚严密，这张图也应当是：因果和和孤立条件得以满足现象将会怎样的资料。另外，还提出了从其

模态表述描绘了我们模型的特征，而不是世界的特征。这里阐述的语言观——即话语由模型或图象引导，而话语的逻辑由这种引导所构成——我建议把它作为一般经验主义的方法，以得出一种没有形而上学的意义理论。①

王过渡 王建始 译

王小光 校

---

① 请参照F. 萨普（F. Suppe）编辑的《科学理论的结构》一书221—30页（厄巴纳：伊利诺斯大学出版社1974）；（R · 吉尔（R. Giere）《理解科学推理》一书第5章“理论”（纽约：霍尔特（Holt），莱因哈特（Rinehart），温斯顿（Winston）1979）；我的《时空哲学导论》第三章第四节（纽约：朗多姆出版社，1970）；我的《科学映象》一书（牛津：牛津大学出版社，1980）以及下列文章：
萨普斯，P（Suppes, p）：“科学理论是什么”；
范 · 弗拉森，BC（van Fraassen, BC）：“理论结构和检验：一种经验主义观点” 范 · 弗拉森，BC：“实在论的困境：贝尔不等式在认识论方面的含义” 《综合》52期（1982年）第25—33页。

理论与现象*

F.Suppe

摘要：最近Beti van Fraassen和Suppe提出了理论的语义学理论观（这里，理论被分析为超语言的结构、它表示，当某些理想化与孤立条件得以满足时，这个世界将如何）以代替实证主义的标准观点（Received view）。本文根据这种观点，通过探索理论与现象是如何实验地联系起来的，进一步发展了语义观。在总结了先前对语义观的研究之后，又详细地考察了理论的实验运用：(1)概述了一种科学观察理论。其中考虑到运用了推理的观察，以及能被观察到的东西的有限相对性，而不使观察成为任何唯心论涵义上的"主观的"东西。(2)详细地提出了一种实在论的（与约定论相对立的）测相理论。然后表明，根据这种分析，测量活动被认为是一种观察（根据前面的解释）：因此测量能够产生有关世界的观察知识。（3）提出了一种对实验检验，实验设计以及资料删减的分析。然后表明，通过扩大所观察的领域，实验和测量是如何提高人们的观察能力的。（4）通过运用这些有关观察，测量以及实验的结果表明，它们如何使理论能以一种基本上无限制的方式被运用。简洁地说，本文论证了，理论是通过关于实验的局部理论而被用于现象的，这些有关实验的理论将关于实际现象的资料转变为关于如果被运用的理论所规定的某些理想化

---

* 译自F.Suppe：Theory and Phenomena. In Developments of the Methodology of Social Science(《社会科学方法论的发展》)（eds）W.Leinfeller and E.Rohler. Reidel. 1974 pp.45—92.——译注

他可运用的理论中，产生出无限多种多样的实验理论的一般程序。（5）然后把这些结果整理为关于检验的一般阐述。（6）最后简单地探索了这些结果对确认理论的意义。

既然科学理论是科学知识的载体，那么，分析科学理论的结构就是科学哲学的最核心的问题之一。大半个世纪以来，大多数科学哲学和接受了有关理论的公认观点：即每个科学理论都能被规范地表述为一个公理演算系统，该系统中的理论名词通过对应规则被给予部分观察的解释：这种分析的基础是将理论的非逻辑名词严格地区分为观察词汇和理论词汇。操做主义是公认的一种特殊形式①。自60年代初以来，公认观点受到了来自两个方面的挑战，首先是这种分析的基础遭到了致命的打击。有人攻击说，关于为公认观点的目的所必需的部分解释概念，人们不能给出一致的意义，并说按照公认观点所要求的方法不能在观察名词和理论名词之间作出严格的划分。②第二在Feyerabend、Hanson、Kuhn以及其他一些人的著作中出现了一种“主观的”科学观，这种

① 公认观点的各种形式可以在以下这些人的著作中找到：Braithwaite、Bridgman、Camptell、Carnap、Duhem、Tdempel、Hesse、Kaplan、Margenau、Nagel、Northrup、Ramsey、Rudner、Reichenlach以及其他的人。关于公认观点的详尽讨论，请参看我的文章“The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories”〔对科学理论的哲学理解的寻求〕第一节至第三节，见The Structure of Scientific Theories〔《科学理论的结构》〕（University of Illinois Press, Urbana 1973）第I部份。——原注

② 主要的攻击来自Achinstein与Putnam，参看Achinstein, *Concepts of Science*〔《科学中的概念》〕（Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1968）pp.85—91 157—158, 197—202，这本书收入了他在以前关于这个问题的一些著述。也请参看H. Putnam, “What theories are not”〔“理论所不是的”〕pp.240—251。见E. Nagel等人编*Logic, Methodologry and Philosophy of Science*〔《逻辑、方法论与科学哲学》〕(Stanford University Press, 1962)。关于这些攻击的批评性的评价，请参看我的

（接下页注）

观点特别坚持认为，观察是充满理论的。由于观察的理论负荷性与公认观点不一致，有人认为必须摒弃公认观点①。这一对挑战如此成功，以致60年代末大部分的科学哲学家都以公认观点不恰当为由将其摒弃。因此公认观点为另一种理论分析所代替，代替它的是由Feyerabend、Hanson Kuhn及其他人所发展起来的，在主观科学观中得到不严格表述的观点：理论是那些其意义由该理论所特有的科学世界观来确定的陈述的集合。但是，这种理论观点容易导致极端唯心论，而后者是与通常视为科学活动的本质的客观性不一致的②。此外，这种理论观的缺点还在于，它把理论看成语言实体，而事实上，理论是超语言实体，它可以有许多不

（接上页注）

文章"On Partial Interpretation"["关于部分解释"]，*Journal of Philosophy*[《哲学杂志》]68（1971）pp.57—79，以及"What's Wrong with the Received View of the Structure of Scientific Theories?"["关于科学理论结构的公认观点有什么问题？"]*Philosophy of Science*[《科学哲学》]39（1972）1--19。此外还有一些其他的攻击，关于对这些攻击的详尽讨论，请参看我的文章"The Search for Philosophic Understanding…"第五节。

① 参看P.Feyerabend，"How to be a good Empircist—Aplea for Tolerance in Matter Epistemological"（怎样成为一个好的经验主义者——在认识论问题上对宽容的呼吁"）pp.3—40．见Baumrin编Philosophy of Science：The Delaware seminar(《科学哲学：特拉华讨论会》)卷II（Interscience．New York．1963)；N.P.Hanson Patterns of Discovery（《发现的模型》）(Cambridge university Press，Cambridge 1958)以及T．Kuhn，"The Structure of Scientific Revolutions"[《科学革命的结构》）（University of Chicago Press．Chicago，1962，1970)，在我的文章"The Search For Philosophic Understanding"的第V-B-1节中可见到关于他们这些观点的一个方便的概要。当我把它们的观点贴上"主观的这个标签时，我并不是打算预先断定他们的观点是否真正是主观的，以及如果是的话，在什么意义上是主观的，这是一个争论很多的问题——原注。

② 关于这一点的论据请参看I.Scheffler，Science and Subjectivity[《科学与主观性》]（Bobbs Merrill，Indianapolis，1967)至于对这种理论的其他批评，参看D.Shapere，"The Structure of Scientific (接下页注)

同的，且常常是不等值的语言表述①。目前，这种"主观"理论观在科学哲学家中并没有赢得普遍的接受。

近来，在理解理论上出现了一个有希望的新方法。它把理论看成是容许不同的语言表述的超语言结构，这就是语义学理论观②。本文根据这种观点，通过探讨本实验检验与理论确认中现

(接上页注)

revolutions"〔科学革命的结构〕，见"Philosophical Review"〔《哲学评论》〕73(1964)383--394和"Meaning and Scientific Change"〔"意义与科学变化"〕见R.Colodny编 Mind and Cosmos〔《心灵与宇宙》〕(University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1966) pp. 41—85以及我的文章"The Search for Philosophic Understanding"中的第V-B-2节，在这节中有对上述批评的批评性的评性；也请参看我的另一文章"exemplars, theories, and Disciplinary Matrixes"〔"范例，理论与学科式"〕，载The Stucture of Scientific Theories。

① 关于这一点的论据请参看我的文章"The Search for Philosophic Understanding"的第r-B-2-b节和第v-c节。

② 语义学的理论观最初是由Evert Beth在他的文章Towards an Up-To-Date Philosophy of the Natural Sciences〔"走向最新的自然科学哲学"〕Methods〔《方法》〕(1949, 178—185)中提出来的。在我的文章"the Meaing and Use of Models in Mathematics and the exact Science"〔"在数学和精密科学中模型的意义和作用"〕(哲学博士学位论文，The University of Michigan, 1967)中，我独立地提出了语义学的理论观并且使它适用于许许多多的理论。

进一步发展了语义学的理论观的还有：Ban yan Fraassen的"On the Extension of Beth's Semantic of Physical Theories"〔"论Beth的物理理论语义学的扩展"〕见Philosophy of Science 37(1970, 325--339)和"A Formal Approach to the Philosophy of Science"〔"对科学哲学的形式研究方法"〕见R.Colony编Paradims and Paradoxes〔《范式与悖论》〕pp,303--366；(Lifford Hooker的"On Global Theories"〔"论球面理论"〕(即将出版)以及我的"What's Wrong with the Received View"；"Some Philosphycal Problems in Biological Taxonomy and Speciation"〔"生物分类和物种形式中的某些哲学问题"〕见J.Wojeiechowski编Proceedings of the First Ottawa Conference on the Conceptual Bases of Classsification〔《第一届渥太华分类

(接下页注)

象是怎样通过实验与理论联系起来的，来进一步发展语义学理论观。前三节对语义学理论观的观点，它们的物理解释以及理论与数学模型之间的关系进行了简单的总结。文章第四至第七节对语义观提出了一种实验检验分析。第四节概括了一种与语义观点相一致的科学观察理论。既然我们根据语义观点赋予了理论类实在论(aguasi-realistia)物理解释。如果测量将在理论的检验与确认中起作用，就必须对它进行实在论解释；由于测量理论通常是在约定论的基础上发展起来的，因此有必要提出一种实在论的测量理论。第五节提出了这样一种理论，然后论证，测量也是一种科学观察。第六、七节是关于实验设计与资料删减技巧的分析，借助这里给出的分析对实验检验提出一种一般说明，最后，第八节利用本文前几节的结果说明按照语义观实验检验是如何对理论确认起作用的。

一、语义学理论观①

科学理论是描述一类被称做理论意指范围的现象特征的一种

(接上页注）的概念基础讨论会文件汇编»]即将出版；以及“Theories, their Formulations, and the operational Imperative”〔“理论，理论的构述，和操作的守则”〕见“Synthese”〔《综合》〕25（1972)129—164。语义学的理论观和Patrick Suppes的著述尽管在某些方面有不同之处，它们之间仍然还是密切相关的；特别请参看他的文章：“What is a Scientific Theory? ”〔“科学理论是什么？”〕pp. 55-67 见S. Morgenbesser编 Philosophy of Science Tobay〔《当代科学哲学》〕(Basic Books, New York, 1967)；以及“Models of Data”〔“数据模型”〕见 E. Nagel等人编 Logic, Methodology, and the philosophy of science。关于他的观点同语义学的理论观之间的差别的讨论请参看 van Fraassen, “A Formal Approach to the Philosophy of Sience”第II部分。

① 由于篇幅所限，这里仅将最低限度地说明语义学理论观的各种特点，在我的下列两篇文章中将可找到更充分的说明：“What's Wrong with the Received View”第II部分，和“The Search for Philophic Understanding”的第V-C节。

超信语言工具。例如：经典粒子力学的意指范围是所有相互作用的物体的力学现象的类。意指范围中的现象是由那些具有固有性质，相互之间有着固有的关系的个体系统所组成的。不管我们是怎样将事物概念化，这些性质与关系都是从属于个体的，在这个意义上说，这些性质与关系是固有的。这些个体系统被称为现象系统；由此，一个意指的理论范围是现象系统的一个类。理论并不试图详尽地描述这些复杂现象系统的特征，而是试图从现象系统中抽象出来的一些参数来描述它的特征，这些抽象的参数可以不同的方式理想化。例如：经典粒子力学就企图把力学现象的特征描述为它们似乎依赖的只是抽象的位置和动量参数；并且，它还通过将物体分析成无外延点群[extensionless point mass]而把位置参数理想化。这些抽象参数通称为理论的定义参数。然而，就事实来说，参数，而不是定义参数，的确影响着现象系统的实际行为。因此，理论所描述的是，假若影响现象系统的行为的只是理论的定义参数，且各种理想条件得以满足，则该系统在其意指范围内的行为将会怎样。例如，经典粒子力学不描述实际的斜面情况的特征，而是描述受了静止点质量理论污染的没有阻力情况中斜面情况状态"可能"是怎样。

理论就是这样通过确定现象系统的一类抽象复制品来描述其特征的。这种现象系统被称为物理系统（physical systems）物理系统的情况只取决于理论的定义参数。物理系统是可能的现象的抽象复制品，因为，如果仅仅理论的定义参数影响现象并且（或者）某些理想化的条件得以满足。物理系统表示的是这些现象是如何的。因此，这种物理系统对现象系统作了违反事实的描述。例如，在经典粒子力学中，物理体系是在真空中相互作用的无外延点群孤立系统，它们的情况可以用这些点群的位置与动量的变化完全确定下来。

一个理论的定义参数$P_1\cdots P_n$以物理量（属性）作它们的值。这些物理量可以是可测量量或质，而且它们可能是确定的或是统计的。$P_1\cdots P_n$的一组同的值是一种状态。一个给定的物理系统每时每刻都处在一种特殊的状态之中，而且，一个物理系统的情况就是它的在状态时间中的变化。正因为如此，我们将物理系统分析成状态的时间[time-directed]的序列。

在理论意指范围中任何因果上可能的现象系统P对应，将有一个物理系统S，假如满足了理论所规定的理想条件，而且P的情况只受$P_1\cdots P_n$的影响，那么，S的情况就是P的情况。这样与因果上可能的现象系统(它构成理论的意指范围)，相对应的物理系统的类就是该理论的有因果可能的物理系统的类。既然我们一般不具备关于理论意指范围的现象的全部知识，我们就不必具有超出有因果可能的物理系统的类的超理论的知识。的确，科学理论的一个功能就是确定什么是因果可能的物理体系的类。理论是通过确定物理系统的一个类来完成的。物理系统的这个类被称为理论导出的物理系统的类。在对一个理论作出断言时，我们主张有因果可能的物理系统的类与理论导出的物质系统的类是同外延的。只有它们外延相同，理论才是经验上真实的（参见第二节）。

理论是怎样确定理论导出的物理系统的类呢？理论是一个关系系统，它由一个论域（domain of discourse）和为该论域所规定的各种属性所构成。这个论域是物理系统的所有逻辑上可能的状态的类。为该论域所规定的属性是理论的定律。如果这个理论有相继定律，那么，属性就是这样一些相继关系，它表明各种物理系统在时间上将呈现哪一种状态序列。这种序列可以是决定论的，或是统计学的，它们可以是连续的或者是不连续的。决定论的相继的例证可在经典粒子力学中得到；统计学的连续律的例证也在markor有限过程的转换矩阵中得到。如果一个理论具

有共存律，那么属性就是一些等值关系。它表明如果它是一个决定论定律，哪些状态是等值的，如果是统计定律，哪些状态是同等可能的。决定论的共存律通过理想气体定律得到例证，统计学的共存律也为Boltzmann假说所证明。这一假说是，一种气体的每一微观状态都具有相同的几率。如果一个理论是有相互作用律（决定论的或统计学的），这些属性就确定哪些状态将由几个系统的相互作所产生，这些属性是前面所提到的几类属性的混合物。无论一个理论是有哪种形式的定律，定律都有两种职能：第一，指出哪些状态是物理上可能的（这些是具有该理论的属性的状态）；第二，指出物理系统能接受哪些状态的序列。这样，定律就确定了理论导出的物理系统的类。决定论的共存律认可所有的序列，只要它们的构成状态属于同一个相等的类。而统计学的共存律允许所有的序列，只要它们的构成状态具有所指定的概率测度。[probatility measure]相互作用律允许类似上述情况的序列或它们的混合物。统计定律所允许的序列具有允许定律所指定的概率测度。这些测度确定一个当时间是T时处于s状态的物理系统在时间t'（$>t$）将处于s状态的概率。如此允许的序列的类构成了理论导出的物理系统的类。通常这个类是所有逻辑上可能的序列的类所特有的子类。

虽然理论是超语言的结构，要运用它们，我们还必须借助于它们的语言表述一个理论的表述是对于该理论为真的命题的集合①。一般地说，一个理论的表述是由一些特定命题和由这些命

① 这里我是在中世纪的而不是在现代的意义上使用"命题"（Proposition）这个词，在这种意义上，一个命题是一个可以被提出而不必被断定的语言实体。因而命题就含有句子来作为它的成分，但句子并不完全决定命题，因为同一个句子可以被用来表达不止一个命题。粗略地讲，当我就某一对象断定一个命题，这个命题就变成了一个陈述。关于"命题"这种涵义的更充分的讨论，参看P.Geach, *Reference and Generality*〔《指称与普遍性》〕（Cornell University Press, 1962）p.25。

题根据某种逻辑演绎出来的所有推断构成。

一个理论的完全表述(a full formulation of a theory)就是一种能把该理论所有的典型特征描述出来的表述;而一个理论的部分表述(a partial formulation)仅仅只是描述该理论的某些典型特征。

理论的一种给定表述中的命题是某种被作为理论表述语言的语言中的命题。这种语言具有如下特征:这种语言中存在着一组基本命题,它断言某一物理参数p在t时以物理量q为值。当且仅当在t时s有q为参数p的值,某个基本命题中对于状态s为真。基本命题可以根据某种逻辑(它的被作为理论的逻辑)而成为复合命题;这种逻辑必须是这样的:每个复合命题是有经验意义的,因为,它对于至少一个物理上可能的(根据该理论)状态为真或假。它不同的理论可能要求不同的理论逻辑以便满足这条经验意义的要求。物理描述语言由通过理论的逻辑从基本命题中得到的命题的类所组成:这种语言是理论表述语言的子语言,它能够描述理论中的任何物理上可能的事态(state of affairs),或者描述物理系统中的任何物理上可能的事态。这个物理系统存在于物理系统的理论推导的类中。然而在语言中它是极有限的,以致不能描述状态在时间中的变化(因为这些通常在物理描述语言中是命题的非逻辑推断)。所以,物理描述语言必须被结合进一种更广泛的物理描述语言,加上扩充了的逻辑。这种语言能够表达理论的定律,能够从这些定律中演绎出各种这样的预测等等:这种扩充了的语言就是理论表达语言。如果一个理论不是经验地真,则可能存在着根据理论在物理上被认为是不可能的状态,而这种状态却是在因果上可能的物理系统所假定的。这些状态是不能用物理描述语言进行描述的,所以也不能用理论表述语言描述。然而,用一个新的能描述物理系统所有逻辑上可能的事情状态的子语言来代替

物理描述语言，这样就可以从理论表述语言中得到一种扩充的理论表述语言。这种语言则可以被用来描述这些状态。理论表述语言是这种扩充的理论表述语言的子语言。

理论表述语言（或它的扩充）中的命题，容许有扩充的用法。在这种用法中，可以任意地用命题来描述任何一个或所有不同的系统；特别是这些命题同时可以与下列任何一个或全部有关，如：理论、理论导出的物理系统，有因果可能的物理系统或现象系统。由于与这些中的任何一个有关，命题的真值条件都以标准的Tarski方法作语义规定。当这些命题被用来指现象系统，它就会构成该现象系统的个体的某些属性。而且这个命题（事实上）将为真，当且仅当这些个体拥有所赋予的属性①。

求助于理论表述，理论能以下列方式被用于预测。设T是一个具有决定论连续律的理论，我们希望预测现象系统P在某一随后时间t'的情况。我们可以从t（$<t'$）开始，确定P在t时的状态；然后用我们的实验方法（可能会包括其它理论的运用——参见第6节）来确定什么物理系统状态s对应于t时P的状态。然后用理论的某种表述来确定哪一个物理系统s表现出t时s状态中的物理系统情况的特征。其次，我们再来确定s在t'的状态s'，然后再用实验方法（这次是倒过来运用），找到与s'相对应的现象系统状态；这个状态就是我们的预测。如果T具有统计学相继律或共存律，这一程序就是相似的，不过我们只能从理论上确定物理系统中的某些被限制的类中有一个与P相对应。因此，我们的预测只能限于P在t'时将处于与许多物理系统状态s'中的一个状态相对应的状态中；如果所涉及的定律是统计学的，我们的预测就

① 关于这里所用的事实真理这个概念的详细说明，请参看我的文章"Facts and Empirical Truth"（"事实和经验真理"）Canadian Journal of Philosophy（《加拿大哲学杂志》3（1973）p.197—212。

能够赋与这些状态s'中的每一个以一种概率①。注意：在做出这些预测时，就象理论对于现象的一切运用一样，实验方法在理论与现象的关联中起着必不可少的作用。

二、理论的物理解释与理论表述

根据语义观，理论被给予了一种类实在论物理解释。现在我们对此进行概述。我们刚刚提到过，当（扩充的）理论表述语言中的命题被用来指称现象系统时，它们就将属性赋予构成该现象系统的个体，并且只要这些个体具有该属性，命题将实际为真。因此，如此使用的这些命题就是有关事实的假定陈述［putative statement］。可是，当这些命题被用来指称物理系统或理论时，情况又是如何呢？前面提到过，我们回答这个问题的关键是这样一个事实：与有因果可能的现象系统P对应的是处于下面与P有复制关系［replicating selation］的物理系统S：

> 如果P是一个孤立的现象系统，其中除$p_1 \cdots p_n$以外的所有其他参数所产生的影响可以忽略不计，如果理论所规定的任何理想条件都得到满足，那么，从P在t时所抽象出来的那些参数$p_1 \cdots$，p_n所特有的物理量就会与同P相对应的物理系统S在t时的状态所特有的那些值相一致。

现在考虑陈述参数P在t时具有值q的基本命题Φ。根据前一节，当被用来指称一个有因果可能的物理系统S时，它部分地描述了该系统在t时的状态：如果Φ为真，q则是p在t时假定状态的值。但这样一来，由于复制关系，Φ同时又描述了相应的现象系

① 关于对上述说明的更详细的讨论和论证请参看我的文章："Theories Their Formulatations and the Operational Imperative"中的第一节和第二节；以及在注释6中所引的其它著作。

统P在具备了还不具有的条件时将会具有的P的值。因此Φ在与事实相反的条件下[counterfactually]对于P真。与之相似，对于一个有因果可能的物理系统而言为真的物理描述语言中的复合命题在与事实相反的条件下对于相应的现象系统是真的。如果理论是经验的真，那么，适合于该理论或理论导出的的物理系统的物理描述语言中的任何一个命题都将在与条件相反的条件下对于理论意指范围内的现象系统为真。

在物理描述语言的命题中出现的理论名词仅仅是标示理论的定义参数$P_1 \cdots P_n$和它们的值，即属性（或其理想化）q的名词。可是，(扩展的）理论表述语言中的命题还包括其他的理论名词（如：量子论表述语言中的ψ函数)。它们标示的是什么呢？答案是，它们并不标示任何东西。正如Shapare和Sellars所表明的那样[①]，理论名词可以引进到理论中去，在这里，它们标示理论对象，而人们必对一个理论对象作为个体的存在作出承诺。

在理论表述语言中，所引进的理论名词常常只描述状态和状态序列的特征、确定概率测度等等之用；尤其是不作出把状态、或状态序列、或概率的量度作出个体的承诺。正因为如此，在提出一个理论时所作出的物质本体论承诺仅仅是：理论意指范围内的现象系统是由这些一些个体所组成的，它们具有体现了物理系统状态的特征的那些属性或另一些其理想化体现了物理系统状态

① 参看W.Sellars的Empiricism and Philosophy of Mind["经验主义与心灵哲学"]第61节，见H.Feigl等人编Minnesota Studies in the Philosophy of Science [《明尼苏达科学哲学研究》]卷I p.253—329页[University of Minnesota Press, Minneapoli; 1956)；和D.Shapere in Notes Towards a Post—positivistic Philosophy of Science["关于实证主义以后的科学哲学"]中的第II部份；见P.Achinstein和S.Barker编The Legary of Logical Positivisim[《逻辑实证主义的遗产》]第119—160页，(Johns Hopkin University Press, Baltimore, 1969)。

的特征的度性。因此，对于有因果可能的物理系统真的（扩展的）理论表述语言中的命题在与事实相反的条件下对于理论意指范围中的现象系统而言为真。而且，当理论是经验地真时，对于理论或理论导出的物理系统真的（扩充的）理论表述语言中的命题在与事实相反的条件下对于理论意指范围中的现象系统而言为真。这样，语义观点给予（扩充的）理论表述语言中的命题以类实在论的物理解释，从而给理论以类实在论解释。①

以上是对理论的物理解释。将它与我们以前的主张——只有当理论导出的物理系统的类与对于该理论而言有因果可能的物理系统的类外延相同时，理论才是经验地真——合并在一起，我们得出了下面一组关于理论经验地真的充分必要条件：

设T为一个具有意指范围I的理论，且其定义参数为$p_1\cdots p_n$，那么，T是经验的真，当且仅当：

（i）I是包含这样一些个体的有因果可能的一组现象系统$p_1\cdots\cdots p_n$，是这些个体的本质属性。

（ii）T所允许的参数$p_1\cdots\cdots p_n$的可能值是I系统中的个体所的确拥有的属性，或其理想化。

（iii）对T而言理论导出的物理系统的集合与对T而言有因果可能的物理系统的类相一致。

如果T不满足这些条件的任何一个，那么T就是经验的假。

在第八节中我们将看到，虽然要满足（i）似乎有些繁琐，（ii）和（iii）也有点多余，但这里我们把它分开是有道理的。

---

① 关于类实在论的物理解释这个概念，参看我的文章Theories, Their Formalations……中的第IV节。

三、理论的模型

刚才对理论的解释既适用于定性理论也适用于定量理论。定量理论是其所有定义参数都可测量的理论。定量理论可以有数学模型，而且，一般来说，这些数学模型能被用来代替理论。我们将在这一节里简单地描述这些模型的特征。

这T为一个其$p_1\cdots$，p_n是以确定的属性为值的理论①，假定$p_1\cdots p_n$是可测量的。既然物理系统状态是作为$p_1\cdots p_n$的可能值的n重物理量q，那么，我们就能够用$q_1\cdots q_n$的量度数字来表示或描述状态的特征。这些量度是相对于一个参照系被确定的而且不同的参照系一般会给相同的物理量以不同的数字。根据不同的参照系指定给一个给定物理量的各种量度根据某个转换系统（例如：经典粒子力学中的Gralileo转换系统，或狭小相对论中的Lorenz转换系统必须相等：因为说一个物理量可测量的就等于说它可以由适合某个转换系统的数字加以描述。对一个理论容许参照系必须作这样的理解：每个可能的物理系统状态能够由相对于这个参照系而赋与物理量的n倍数来体现②。这使我们能够将表示

① 这样一来，我们就在对模型的讨论中把具有统计特征的理论（例如量子论）排除在外了。这类理论也容许有数学模型，尽管这种模型是相当复杂的（通常是构型化的无限维的空间）。由于在这篇文章中将不涉及这个复杂情况的细节，这里我们就将略而不谈这些理论。关于这类理论的模型请参看我的文章The meaning and use of models…第2.3节以及B.van Fraassen, The Labyrinth of Quantum Logic["量子逻辑的迷宫"]（即将发表于Boston Studies in the Philosophy of Science[《波士顿科学哲学研究》]Humanities Press, New York)。

② 如果，如同在经典粒子力学中一样，需要用不同数量的定义参数来完全指明物理系统的状态（例如，在经典粒子力学中一个n物体系统需要$6n$个定义参数），那么这种需要和接下去的讨论就将仅限于以同样数量的定义参数作为参照系量纲（维数）的这类物理系统状态。关于参照系的精确刻画，请看下面第五节。

相对于某个参照系的状态的每个n位数看作某一n维矢量空间中的点坐标。并可以给那个空间以各种结构[configuration]。例如，流轨[trajectorier]、子空间[sub-spaces]、概率测度等等。尤其是我们可以给予空间点以与相继律、共存律和相互作用律相对应的结构。当有对于一个参照系而得到的这样一个空间具有了给予它的与理论的属性相应的结构时，我们说这个空间是该理论的相空间模型。[a phase space model]。

相空间模型能被赋予语言表述，这种语言表述与第1节里所描写的理论表述相类似。这些表述被称为模型表述[Model formulation]，它是用一种（扩充的）模型表述语言给出的。这是一种与（扩充的）理论表述语言是有同样结构性质的数学语言。特别是，它将有基本命题模型的逻辑和一种物理描述语言。这种语言中的演绎推理是在解方程中进行的。恰当选择的相空间模型将与理论同构[isomorphic]，而且，当且仅当模型中命题在理论表述语言中的类似物对于理论真，则这些命题对于模型真。对模型表述语言中与模型中命题的类实在论解释和对理论表述语言与理论允许中命题的那些解释相类似。因此，无论何时只要一个理论允许有相空间模型，这些模型便可以用于替代理论，并且模型表述语言也可以用来替代理论表述语言。在实际的科学实践中，这是必用无疑的①。

我们对于语义学理论观的总结到此为止。尽管上面的说明具有避免公认观点与"主观"理论观的致命缺点的优点，但其可行性却最终取决于现象系统与其相应的物理系统之间的虚拟关系

① 由于Van Fraassen只是考察定量理论，他就把理论等同于它的一个相空间模型；详细阐述请参见在本书第191页注2中所引的他的各种著作。虽然对他的目的来说，这样做是可允许的，但是如果语义学理论观对理论的说明也要被应用于定量理论的话，它就必须把理论和它的相空间模型区别开。

[counterfactual relation]可以被分析的程度。在一个理论对于现象的任何实验运用中，使现象系统与其相应的物理系统之间具有这种虚拟关系的，都是实验方法。这样，分析这种虚拟关系的最有希望的方法就是对联系理论与个体现象的实验方法考察。本文剩下的部分就要进行这种考察。

四、观　　察

在理论对象的实验关系中，不管是本理论的检验或是理论的确认中，还是在测量、预测或现象的说明中，观察都起着必不可少的作用。正因为如此，观察的各种本质特征都必然在下面的讨论中起到必不可少的作用。在这一节里，我指出了科学观察的那些与我们后面讨论相关的特征。要无一挂漏地分析科学观察，显然超出了本文范围。因此，虽然我将力争阐述得更清楚，但也不能不承认本节的内容多少有些武断。为了进一步简便起见，我将只限于视觉科学观察。

科学上，视觉观察包括对某事物的注意，其方法主要是看，以便获得有关某物是如此的信息。要做到这一点，就必须看到某事是如此。虽然科学观察包括看到，但并不是简单地看到什么就完事了。因为推理在视觉观察中占有一席之地。下面这个简单的例子可以充分说明这一点。通过使用Wheatstone电桥装置，我来设法确定电阻X的未知阻抗。调Wheatstone电桥的旋钮直至看到电流表平衡下来，然后察看适当的电位表上的刻度盘，由此看到刻度盘上的读数是32.5Ω。但是，我的Wheatstone电桥是被校正过的，因此我便查看校正数目，发现当刻度盘的读数是32.5Ω时，电阻X的真正阻抗不是32.5Ω，而是32.7Ω。从这件事和刻度盘读数为32.5Ω这个事实，我推论出电阻X有阻抗32.7Ω，这样我就观察到X有电阻32.7Ω；我的观察本质上包括了看和推论。

然而，我们却不能允许推理毫无限制地闯入观察；因为，无论何时只要某人观察到Φ，他便知道了Φ；① 因为知道Φ意味着"Φ"是真，所以只有当"Φ"是真时，他才可以观察到Φ。正因为如此，在观察到Φ中，所允许的推理必须限制在从Ψ至Φ的推理时，这里观察者看到Ψ，并且Ψ和已知的伴随信息X蕴涵Φ。这个限制以及看见Ψ意味着知道Ψ这一事实保证了，每当人们观察到Φ时，他便由此知道Φ。借助于推理，(虽然是被允许的）对观察到什么不是必不可少的，因为人们可以仅仅通过看见Φ使观察到Φ。但是，并非每一次看见Φ都是观察到Φ。因为观察还必须满足某些相关性和可靠性要求。

并不是所有关于世界的信息都是科学上相关的，仅仅当Φ是相关信息时，看见Φ是观察到Φ。但是，相关性并非是绝对的，因为一个科学领域里的信息在其他领域里可能是毫不相干的。所以，为了详细地弄清观察的相关条件，我们必须确定科学研究的一个领域是什么。Dudley Shapare最近的一些工作为此提供了一个有益的途径②。通过对历史范例的仔细考虑，Shapere 令人信服地论证了科学研究是针对一个科学领域 [a scientific domain]而进行的，它是作为一个具有以下特征的全部资料而结合到一起的一定数目的资料：这种结合是建立在各条资料之间的有根据、有意义的关系基础上，这种关系暗示了每条资料之间的更

① 关于为这个论点辩护的理由，请参看F.Dretske, Seeing and Knowing [《看与知》]（University of Chicago Press, Chicago, 1969)。第6章。日常用法确实允许谈论到错误的观察等等，这个论点多少有些专断。在处理这类问题时我宁愿坚持在满足刚才所规定的条件这个很强的意义上使用观察这个词，并且把对ϕ的错误的观察看做是没有观察到ϕ。

② 参见他们Scientific Theories and their Domains["科学理论和它们的领域"]，载The Structure of Scientific Theories，这里我对观察的处理受到了他的Concept of Observation in Science and Philosophy（即将出版）的影响，并且在许多方面与其相似。

深一层的统一；在如此关联的整体中有一些问题，这些问题是重要的，而且通常科学来解决这些问题已"时机成熟"。在原始科学中，使各种资料被看作是考查对象的一个整体的相似性或关系通常是感觉上的相似。但随着科学的进步，它们的基础转向了更深一层的关系，这种关系即使在感觉有差异时也成立。作为一个科学领域，仅仅只有一定数目的相联系的资料是不够的，还必须那些以某种方式相联系的全部资料提出问题或提出各种各样疑问，其中这些问题或疑问应被认为是有意义的，而且借助于现存的科学可望合理地解决其中的一些问题。这些问题可以是各种各样的，包括弄清领域的界限，更加精确地确定领域的资料，确定需要进一步解释的问题或对领域中各种资料间关系作进一步的说明，以及对解释该领域的理论的理论的检验等等。因此，一个科学领域合理地提出一组问题（问题的陈述），我们称之为领域问题[domain qnestion]的集合，除了最原始的科学之外，在所有的科学中，理论、实验规则以及资料除构成科学领域的资料之外都包含在领域问题的产生和对这些问题的解决之中。让我们且称这些理论、实验规则和其他资料为"背景资料"。如果一个人选择了一个领域进行研究，那么他就须接受它的背景资料及其科学领域中尚未被其领域问题所列入的全部资料；这些汇集在一起构成了我们所谓一个科学领域的背景①。

借助于科学领域，我们现在可以具体地说明关于观察的相关

① 我们有可能从某领域的不同背景的各个角度去探讨这个科学领域。特别是当互相竞争的学派探讨同一科学领域时就经常出现这种情况。在这种情况下，不同的背景将产生出不同的但是部分重迭的领域问题。一个科学领域有可能具有不同的背景是因为这个领域的背景含有理论等等东西；这些东西也许有助于产生领域问题但是它们又不完全属于这个领域。领域问题[domain question]包括Shapere称为领域难题[domain problem]，理论问题和理论缺陷的那些问题(参看他们Scientific Theories and Their Domains（第三部分），为了阐述起来方便，我将略去科学理论有不同背景的可能性。

性与可靠性要求。只有当一个人在考察某一个科学领域的过程中看到Φ，而且Φ部分地回答了这个领域的领域问题集合中的一个或是几个问题，看见Φ就是观察到Φ①。同样，如果观察到Φ包含了从某一被看见的ψ及伴随知识中推出Φ的话，Φ必须对一个或更多的领域问题作出部分的回答（尽管ψ不必这样)。这便是我们的相关性条件。

科学观察的结果必须“可靠”并且相关。可靠性的一个标志是，科学共同体中的其他观察者可以重新创造其观察条件并且得到相同的结果。因而实验结果的可重复性是可靠性的一个标志。假如对B是D的观察仅限于一个人在未借助于仪器的情况下看见B是DC，例如：如果所有的观察都是实证主义者的直接观察②，那么，观察的可靠性不过就是纯粹的可重复性了。但是观察一般都包括借助各种不同复杂的程度和精心制作的仪器。而且，在许多情况下，一个人是在从未见过B或B就是D的时候，观察到B是D的③。例如：一个人通过看闪烁计数器上的闪光观察到一个α粒子的释放。观察的这些特征，使观察的可靠性不仅仅取决于观察的可重复性。

有人可能会认为，在这里除了纯粹可重复性之外并没有什么真正的可靠性问题而言。也就是说，在闪烁计数器这个例子中，

---

① 关于对各种类型的问题的部分回答这个概念的讨论，见N.Betnup著An Analyis of questions（Preliminary Report）[《对问题的分析》(初步报告）]（Systems Development Corp，Sunta Monica，1962），D.Harrah，（Ommunication：A Logical Model[《通讯：一个逻辑模型》]（MIT Press，Cambridge，Mass，1963），和S. Bromberger，Why Questions[“为什么问题”]见Colodny著Mind and Cosmos，第86—111页。——原注

② 关于概念的讨论，参看我的What is Wrong with the Received View？第I部分。

③ 为这些关于观察的论断辩护的理由以及观察的其他重要特点的有益讨论，请参看Peter Achinstein，Coucepts of Science pp.160—165。

一个人看见闪烁计数器与对象是处在一定的关系之中，他知道闪烁计数器工作正常，而且他看见光在闪烁；因此从这个信息中推论出一个α粒子已被释放出来，从而观察到它是已被释放出来，只要所接受定律允许这样推论，那么除了仅仅是重复性之外，并无任何可靠性问题而言。这就是你们所关心的那种例子中的一个典型例子。但这是不能成立的；因为在闪烁计数器的例子中，我可以通过看见一个α粒子被释放出来，而不通过推理就观察到一个α粒子被释放出来。因为可以在不曾见过B或B是D的情况下看见B是D①。更一般地说，除非观察包括了资料的删减(就象我们的Wheatstone电桥的例子那样)，无论何时只要可能观察到Φ，便可能通过看见Φ而观察到Φ。并且在一个人不能看见B或B是D的情况下，通过看见B是D，他观察到B是D，这个时候我们便出现了不仅仅是可重复性问题的可靠性问题。在这种情况下(假定它们是非推理性的)，我们看见Φ的能力在于我们具有这样一种视觉经验，假定我们已知在“Φ”中所指的对象，如果Φ不是真实的，我们就不能获得那种经验。而且无论何时我这样看到Φ，我这样看到Φ，我便知道Φ。例如：我坐在汽车里，看到汽油表上是“零”，根据汽油表工作正常，发动机又正在工作等事实，我就不具有关于“零”的视觉经验。除非油箱真的空了。根据这个事实我便能看见，从而也就看见，油箱是空了；我这样做是非推理性的，而无须知道那些经验规则，虽然凭借这些规则，我所看见的东西使我能够看见Φ②。只要观察到什么包括这种看

① 关于为这个论断辩护的强有力的理由请参看前面所引的Dretske所著的书，第四章。尽管在他们分析中有些地方我是不同意的，但我认为他对这个论断的辩护是完全正确的。

② 对这些论断的辩护请参看前面所引的Dretske的著作；这个例子是他提出的。虽然我不同意他对使人们能看出ϕ的感觉经验的性质所作的说明(按照他的“看见n”)他为支持刚才作出的这些论断而提出的论据仍然是令人信服的，这是由于它们基本上不依赖于他关于“看见n”的很成问题的观点。

到什么，在这种情况下，一个人所获得的视觉经验不见得使Φ必定真，因此观察的不可靠性常常会在这种可能性中产生。无论何时只要观察包括了仪器的使用，便出现这种同样的可能性。然而，如果领域的背景使人们能够说明这样的情况：假定一个正常的观察者完全知道由Φ所指称的对象，他也不能获得这种视觉经验，除非Φ是真实的，那么，有了可重复性，观察的可靠性便得到了保证。例如，在闪烁计数器这个例子中，对于任何一个使用闪烁计数器都会产生相关信息的科学领域来说，领域的背景都将包含必要的方法，以说明只有在一个α粒子正在释放出时，人们才能看见闪烁计数器上的闪光。这样，我就能满足观察的可靠性要求，从而观察到一个α粒子正在释放，哪怕我看到的只是光的闪烁。当然，对于一个人能够不借助于仪器，通过看见B是D而看见B是D的情况来说，这种说明就没有必要了。因为，在这种情况中，可重复性保证了可靠性保证了可靠性。

如果一次观察包含了推理，为了可靠起见，这些推理必须得到领域背景的认可（参见第8节关于“认可”的讨论）。综上所述，我们便得到了科学中视觉观察的如下解释：

就一个给定的科学领域而言，人们通过视觉观察到B是D，当且仅当

（i）要么

（a）他不借助于仪器通过看见B是D而看见B是D，或者

（b）他或是没有看到B是D，但是看到了其他什么东西，由此看到B是D，或是借助于仪器看见了B是D，但根据领域的背景，他能说明是什么原因使他看不见在这种情况他应该看见的东西，除非具有你知道它所具有的全部属性（不是D）的B是D，或者；

（c）他以（a）或（b）的方式看到Φ，其中Φ断定了别的东西而没断定B是D；他从Φ这个事实以及由这个领域、其背景和实验设计的细节所认可的已知伴随信息中推出B是D。

（ii）“B是D”部分地回答了这个领域的领域问题集合中的一个或几个问题。

由此可见，无论何时只要一个人通过视觉观察到Φ，他便知道Φ。为了叙述的简便，我已根据“B是D”形式的命题陈述了条件。但是，刚才所作的分析却能直接地运用到其他命题形式①。虽然上面的讨论不构成对科学观察的这种解释的有力辩护，但我认为它使之变得似乎有理了。而且我认为它最终是可辩护的②。为此，我将在下面运用它。通过对观察的这种解释的运用，我们便可以考察将理论通过实验而运用了现象的方法了。

五、测　　量

将理论运用于其意指范围中的现象系统的目的是多种多样的，其中包括理论的检验、现象的预测和现象的说明。通过观察确定哪一个物理系统S与P之间具有第二节中所说的那种复制关系是理论对于现象系统P的任何运用的基础。如果理论的定义参数是可测量的，这种观察确定通常是通过测量进行的。现在，我们来考虑测量，包括它在观察和理论对象的运用中起作用的方式。

粗略地说，如果一个参数有一种能被分为等级的属性，而且它的每个等级又是该参数能作为其具有的值的物理量，那么该参数就是可测量的。一个参数的测量主要包括两个基本成份：（1）对参数来说，将不同的数字赋予不同物理量，这里，被赋予某个物理量的数字被称作该物理量的量度，这就相当于确定该参数的

测量标度[scale]；（2）通过确定一个物理量在给定标度上的量度在实验确定该物理量。大多数处理方法是将两者合并起来，以使让第一部分依附于第二部分。确定物理量的量度的操作程度同时还规定了哪些数字应该是哪些物理量的量度。这样做就是让测量程序来确定标度——这便使人承认了测量上的约定论观点。例如，Brain Ellis告诉我们说，我们有了一个测量标度，当且仅当我们有了将数字赋予不同物理量的合适的操作程序，这里只要两个程序被认为是可以用的，使得相同的物理量得到同样的数值分配，那么，它们就是同样标度上测量的程序。① 但是我觉得这并不符合我的愿望。因为，这实际上是将测量标度限制在参数的这样一个值域，在某一给定的时间上，我们能够用这个值域内现存的测量程序指定量度。这就是说，测量标度并没有被规定给那个值域以外的任何物理量。然而，在实践中（如在Gedanken实验中），我们的确是把量度给予了我们没有任何实验程序可确定其量度的量。根据Ellis的解释，所涉及的测量标度是未加规定的，因此，这种做法是行不通的。这有力地表明，把测量标度的确定等同于所用的测量程序是不能令人满意的。因此下面我们将把这两个问题当成两个分开但又有联系的问题来处理。

我们首先关心的是描绘测量标度的特征。既然我们的关于测量的阐述必须说明测量与理论的联用，既然根据语义观点，理论被给予了类实在论的解释，因此我们对测量标度的阐述也必须是实在论的，而不应当是约定论的。语义观点的类实在论基于这种

① 参看他的Basic Concepts of Measurement（《测量的基本概念》）（The University Press, Cambridge, 1966), pp.40--42，请注意在pp.41--42中他把有一个规则混同于有一个操作的测量度程序。为了阐述上的方便我用了这篇文章的术语来重述他的观点，并且限制了他的论断以便排除标称测量标度(nominal measurement scale)。这里我略去标称测量标度的理由是：标称测量是用数字为个体命名的程序而不是确定数理量值的程序。

见解，即：现象系统是具有内在属性的个体的系统，即这些个体的性质与关系不依赖于我们将事物概念化的方式。为了获得对测量标度的实在论说明，有必要让我们的测量标度的次序性质反映出通过个体的内在属性所确定的次序。

个体的内在属性能给个体强加上什么样的次序呢？在第一节、第二节中我们看到，个体所能拥有的属性是参数，并且个体所具有的不同的属性都是物理量：因此，物理量是参数的可能值。设Q为可作为某个参数p的值的所有可能的物理量的集合——即设Q为个体所能拥有的全部物理量p的集合①。现在，设A是p的一个个体；那么，A就会有一定数目的其他内在属性，包括在不同时间上它所形成的内在关系。如果A和p的其他个体的内在关系，给p的个体加上一种线性次序，那么p就是可测量的。更准确地说：

> 设p为一个参数，并且设Q为p的可能的物理量的集合。那么，p是可测量的，当且仅当有内在关系$R<$，$R>$，和$R=$，这种关系对于分别具有p类物理量qA和qB的两个不同的个体A和B，有$AR<B$，或$AR>B$，或者$AR=B$，其中
>
> （1）$R=$是对称的且传递的；
>
> （2）$R>$是和$R<$是不对称和不可传递的；
>
> （3）$R=R>$和$R<$是相斥的，也就是说，如果其中一

① 对于量子论这类情况，需要澄清一下这个论断。因为在这种情况下，物理系统状态的参数是位置和动量坐标，这些坐标以确定能获得各种测量值的概率的概率分布函数为可能的值。(关于这一点的进一步讨论，参看我的Theories, Their Formulation, and the Operational Imperative中的注34)因此作为物理系统中个体属性的物理量将是统计倾向性，即当它和其他测量系统交互作用的时候显示不同的经典物理量（例如位置和动量）的随机倾向、在这种情况下，我们可以测度表现在一个给定交互作用中的经典物理量；严格地讲，测量标度仅仅适用于在交互作用条件下明显的经典物理量。因此，在例如量子论这样的情况中，我们把Q作为所有能被这样显示出的经典量的集合，而不是作为不同的随机倾向性的集合。

个事实上成立，其他两个则不能在事实上成立。但是，如果其中的一个事实上成立，其他两个能够成立是逻辑上可能的①。

$R_<$, $R_>$和$R_=$一起构成了p类个体的拟序列次序(quasi-serial-ordering)。② 根据推导，这个p类个体的拟序列次序给Q加上了一种线性次序，即：

对于任何$q_1, q_2 \in Q$,

$q_1 <_p q_2$, 当且仅当$AR_<B$

$q_1 >_p q_2$, 当且仅当$AR_>B$

$q_1 =_p q_2$, 当且仅当$AR_=B$,

这里，A是p类具有q_1的任何个体，B是p类具有q_2的任何个体。

（等号和不等号的下标符号表示与p相关的等式或不等式）因此，p是可测量的，当且仅当p类个体所形成的内在关系按上述的方式给Q加上一个线性次序。因为，p类的个体有可能形成满足上述条件的内在关系$R_>$, $R_<$, 和$R_=$的不同集合，因此，Q也可能被用很多不同的方式排列成线性次序③。因为是内在关系加上的次序，因此这些次序是Q的自然次序。当我们想根据一个个体的线性次序指称Q时，就运用"Q"。

测量标度是一个函数，它把数字指定给具有可测量参数p的Q中的每一成员，使得数字的次序属性反映Q的线性次序。更确切地说：

---

① 关于对这些条件的辩护，参看前面所引的Ellis的著作pp.25—32；和Ellis不同，我们为关系$R_>$, $R_<$, 和$R_=$作出了实在论的解释。

② 关于对个体半连续排列的刻画，参看Hempel, *Fundamentals of concept Formation in Empirical Science*[《经验科学中概念形成的基本原理》](University of Chicag Press, Chicago, 1952)，第11节。

③ 参看前面所引的Ellis的著作pp.32，和Ellis不同，我们的定义允许，但并不要求可测的量是某种关系。

设N为一个具有这样的次序性质的数字的有序集合，即："<"，">"，和"="根据标准定义成立。(即N必须具有满足线性次序所需要的全部条件的次序；还可以加上另外的次序性质)。因此，一个从Q到N的函数f是Q的完整标度[complete scale]，当且仅当对于任意的q_1, q_2，下列条件得到满足：

如果$q_1, q_2 \in Q$并且$q_1 = pq_2$，那么，$f(q_1) = f(q_2)$；

如果$q_1, q_2 \in Q$并且$q_1 < pq_2$，那么，$f(q_1) < f(q_2)$；

如果$q_1, q_2 \in Q$并且$q_1 > pq_2$，那么，$f(q_1) > f(q_2)$。

注意：这个定义要求f的定义域是Q，但并不要求N是f的值域——也就是说，不要求将N中的每一个数字都赋与Q中的一个物理量(因此，f是"进入"[into]N而不是"到N之上"[on to N])。如果有一个定义域为$D \subset Q$的函数f，并且它满足上述条件对D的限制，那么，我们说f是Q的一个部分标度[a partial scale]。按照前面第二节的结论，当人们对一个理论作出断言时，他便承认了一组R，这是可作为一个参数p的值的可能的物理量。如果根据T，R是线性排列的，而且p的标度S满足作为R的完整标度的条件(其中$R \neq Q$是可能的)，那么，我们说S是一个相对于T的完整标度；我们以同样的方式定义作为相对于T的部分标度的S。下面，我们不加区分地用"标度"来指完整标度和部分标度，以及相对于T的完整标度或部分标度。

对于一个给定标度f，$f(q)$被称为q相对于f的量度。N的选择确定根据$q \in Q$的量度进行哪几种算术运算。情况可能是这样，有些N所允许的运算不能得出有物理意义的结果，因为运算的结果可能不是任何$q \in Q$的量度。例如：假设我们的参数是长度，而且f是限于普遍规格的物理对象长度的一个部分标度。由于这种长度的测量通常是直到小数的第三位才有意义，因此，我们假设f将小数点后至多三位数不为零的数作为量度指定于长度。现在，

假如我们要测量一个方桌，它的边长是q_1和q_2。其中$f(q_1)=1000$，$f(q_2)=1000$。然后我们解x的方程$f^2(q_1)+f^2(q_2)=x^2$，求桌面对角线的长度，得$\sqrt{2}$。但是，$\sqrt{2}$的小数点和不为零的数不止三位，所以对任何长度q，它不能是$f(q)$。因此，$\sqrt{2}$不能成为任何长度的量度。所以$\sqrt{\ }$不是相对于f的一种有经验意义的运算。为使根据N定义的算术运算0是有经验意义，下面的条件必须满足。

对于f的定义域中的每一个q_1，……，q_n，

$$O(f(q_1),\cdots\cdots,f(q_n))=f(r)$$

对于f的定义域中的某个r。

例如，如果在我们的桌子例子中，运算O为的是找到截至小数点后三位数的$f^2(q_1)+f^2(q^2)=x^2$中x的解，那么，通过这个运算所得的数就是桌子对角线的量度。只有对于一个给定标度而言有经验意义的运算才能得出物理量的量度。

我们现在可以借助于测量标度的概念来描述一下参照系[frame-of-reference]的特征。设T为一个理论，它具有可测量定义参数p_1，……，p_n。那么，$\langle f_1,\cdots\cdots,f_n\rangle$是$T$的一个参照系，当且仅当每个$f_i$都是$p_i$的一个完整标度，同时又是$p_i$的一个相对于$T$的完整标度。① 一个理论模型的参照系转换群[the frame of reference transformation group]（参见上面第3节）有三个职能：一是具体确定哪些是理论将要支持的容许参照系，二是

① 要求每一个f_i都是相对于T的完整标度而不是部分标度，是为了保证（1）每一个被这个理论确定为物理上可能的状态都将被一个在相空间（这个相空间由参照系所决定）中的点的n元组所代表，(2)每一个因果关系上可能的物理系统的每一个可能状态都将能被在相空间中的一个点的n元组所代表。这两个条件对于保证这个理论原则上可被完全检验是必要的。需要这些条件的理由完全相似于理论的完全可检验性要求一个扩展了的理论表述语言的理由。关于后面这种情况参看“Theories, Their Formulations, and the Oprational Imperative”，第三节。

指出不同的参照系F_1和F_2中的哪些量度是同一物理量的量度；三是要指出哪些物理量在参照系的变化中是不变的。正因为如此，参照系转换的公式或是真或是假。

测量是一种间接的过程，是用标度来确定具体个有哪些物理量：人们常常采用的是p的一个标度f，用某种测量程序来确定$f(q)$，从而间接地确定q，而不是直接肯定哪个q是个体p的值。

我们现在考察一下确定物理量的量度的各种可能的测量程序。测量p类物理量的程序可根据是否包括任何不是p的其他种类的物理量的测量来进行区别。如包括则称为间接测量程序，如不包括则称为直接测量程序。

直接测量程序通常叫做基本测量程序。①。假定a是p种类的一个个体，其中p是可测量的，而且q（p种类a的一种性质）是就a而言p的值。② 确定就p而言相对于标度f的q的量度的直接或基本测量程序实质上是，依据f的标准系统a与相关的p直接比较的程序C，并且每当$a=pS$（这里，S在标准系统中）时，就将赋与S的量度$f(q)$赋与S。为了使之准确，有必要引进几个技术概念。由于p相对于f的基本测量程序通常只用于某个值域$R \subset Q$中p

---

① 虽然按照对量度的大多数描述这是真的，Ellis在前面所引的著作中阐述了不同的看法并且区分了两种不同类型的直接测量程序——基本测量和基础测量（pp,55—57）。典型的基础测量是用擦痕试验来决定两个矿物中谁更坚硬一些。但是这样一种检验并不是我们在这篇文章中所采用的那种意义上的检验，因为它并不把量度赋与物质，而只是确定：对于某一给定硬度"擦痕"标度，某一矿物的量度比另一矿物更高。为了要用一个擦痕检验来决定某一给定矿物的量度，我们就必须确定该样品能擦划所有的矿物，并且能被所有的那些和某种标准矿物相同的矿物所擦划，（而这些标准矿物已被给与了数值的硬度量度)。但这个程序本身就是一个基本测量。于是刚才在这篇文章中的陈述成立。

② 为了叙述上的方便，我假定p的值q为属性；然而，事实上它们可以是关系。如果是这样的话，一个相似的陈述（用$a_1 \cdots$，a_n具有关系q这样的措词）成立；当它们是关系时构述是很简单的，因而在这里将被略去。

的值，我们这些概念都将是有相对于某个值域R而言的。

我们所说的依据值域R中f的标准系统对a进行直接比较的程序C是一个包括a和标准系统中的S的一般程序。由此人们规定到$a<pS$、$a>pS$或$a=pS$。

值域R中有关f的p的标准系统是p类对象的一个有限集。每一对象都有某个q为p的值，而且当它具有p时，$f(q)$作为值被赋与一个标准。如果一个标准系统是这样的，即：对R中的每个q，标准系统中都存在着一个作为q的对象，那么我们说，这个标准系统对R就是完全的[comrlete]。否则对于R就是不完全的。无论何时，只要标准系统对值域R来说是不完全的，就必须求助于值域R中p的扩大标准系统E；这种扩大标准系统是通过一种基础运算产生的：

二进制运算0是值域R中p的一种基础运算，当且仅当对值域R中p类的每一个$a_1, a_2 \cdots\cdots, b_1, b_2, c_1$

(i) $0(a_1, b_1)=p0(a_2, b_2)=p0(b_2, a_2)$，其中$a_1=pa_2 b_1=pb_2$；

(ii) $0(a_1, b_1)>pb_1$；

(iii) $0(0(a_1, b_1), c_1)=p0(a_1, 0(b_1, c_1))$；

(iv) 如果$a_1=pa_2=pa_3=p\cdots\cdots$，并且$a_1<pb_1$，则有一个正整数$N$，使得对于所有的$n>N$，$0(0(\cdots 0(a_1, a_2), \cdots), a_n)>pb_1$。

将对象首尾相接的运算就是一例这样的运算0，其中p是长度。如当0对$a_1, \cdots\cdots, a_n$运算的叠对序列在E中产生一个对象b，使得$b={}_p0((\cdots 0(a_1, a_2), \cdots), a_n)$时，我们将用"$0(a_1, \cdots, a_n)$"标示关于$a_1, \cdots\cdots, a_n$运算的叠对序列的结果。

由0从标准的集合S中所产生的，相对于标度f的p的值域R的扩大标准系统E是一个p种类对象的集合A，这个集合A满足下面

条件：

（i）对于值域R中的q，A中的每个对象都是q；

（ii）0是值域R中p的基础运算；

（iii）A是根据下列规则从相对于标度f的p的值域R的标准集合S中产生出来的：

（a）如果a在标准集合S中，则a在A中；

（b）如果a在A中，并且$b =_p a$，那么可以将b加在A上；

（c）如果$a_1, \cdots\cdots a_n (n>2)$是$p$种类的对象使得对于$A$中的某个$b$有$a_1 =_p a_2 =_p \cdots =_p a_n$，并且$0(a_1, \cdots\cdots, a_n) = pb$，那么，$a_1, \cdots\cdots, a_n$可以加于$A$；

（d）如果$a_1, \cdots, a_n (n>2)$是A中的对象，并且，$b = p0(a_1, \cdots, a_n)$，那么可以将b加于A；

（iv）对A中的每个对象a，如果a是q，那么，它的量度$f(q)$是已知的。

注意，一个扩大标准系统可以是这样的，即：对于R中的某个q来说，E中并没有是q的对象；同时还要注意，每个标准系统都是一个扩大标准系统。

现在我们可给基本测量程序下一个确切的定义：

一个**基础测量程序**$\langle C, S、Q、E, R\rangle$是一个将值域$R$中$p$种类对象$a$与值域$R$中$p$种类的扩大标准系统$E$的成员（这是由基础运算0从标准集合$S$中产生的）进行直接比较以确定有关$p$的等式或不等式的程序$C$，只要$C$确定，$a = pb$，它便把$E$中成员$b$的量度指定给这样的一个对象$a$。

我们将用基本测量的一个非常简单的例子来说明这个定义。假设，我们有一个电阻X，我们想确定它的阻抗R。我们的程序C就是将它放入下面的电路之中（这是一个原始的Wheatstone电桥）：其中R_1和R_2具有相同的阻抗，p_1是经过校正的可变电阻，

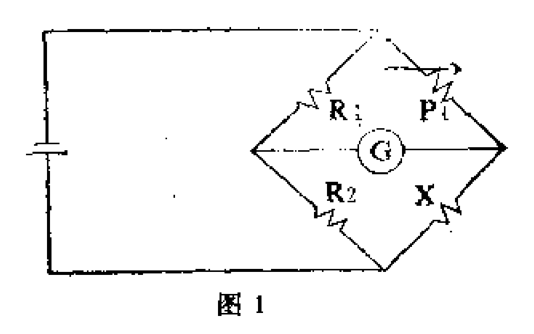


图 1

G是一个电流表，被调整到它的各种不同阻抗的p_1便构成了我们的扩大标准系统，并且它的刻度盘上的读数及其校正数使我们知道它在每次不同的调整后在标度f上的值。然后，我们调整p_1直到电流表上的偏差为零。此时，我们观察到，p_1的经过调整的阻抗与X的相同，我们便将如此调整过的，p_1的已知值赋与X。

这例基本测量特别能说明问题，因为它表明了基本测量可以在多大程度上包含仪器的运用，并且在运用仪器时，基本测量在多大程度上包含了"充满理论"的观察。在刚才所考虑的情况中，观察者所看到的只是，当电阻X放入仪器中，对p_1以某种方式进行调整时，电流表不显示任何偏差。但是，这使他能够看见X和调至读数r的p_1具有同样的电阻，这仅仅是因为在这种情况下除非情形本来如此否则就不会出现零偏差。然后，过从r和已知的校正信息推论出真正的阻抗r'，他便能观察到，从而得知，X的阻抗是r'；欲达此目的，他必须能够说明这个事实，即：在这情况下，根据电学理论和仪器的设计，——这种信息是他所研究领域的一部分背景——除非x的阻抗是r'才会出现零偏差。这样，他对X的阻抗是r'的观察主要取决于他所具有的理论。更为一般地说，若按第4节给出的对观察的解释，只要基本测量涉及仪器，要进行基本测量所要求的观察，就必须假定某种理论的存在。

下面我们转入引伸测量[derived measurement程序]在其

中，p的测量本质上包含对某个另外的参数r的测量。设$p_1\cdots\cdots p_n$为参数，$Q_i(1\leqslant i\leqslant n)$为$p_1$可能值的集合。假设我们确定（通常是通过测量）$p_2$以$q_2$为值……，而且在某种情况中$p_n$以$q_n$为值。再假设我们有这些参数的标度$f_1,\cdots\cdots,f_n$，并且这些参数构成某个理论的某一相空间模型$M$的参照系，而且模型表述中的定律及各种边界条件[foundary conditons]蕴涵了，对某个数值函项g，$f_1(q_1)=g(f_2(q_2),\cdots\cdots,f_n(q_n))$，假设我们（通过直接或间接测量）确定了$f_2(q_2),\cdots\cdots,f_n(q_n)$的量度，然后再用上面的函数来确定$f_1(q_1)$。这个过程就是$p_1$相对于标度$f_1$的引伸测量。

引伸测量的一个例子是，先决定已知直径（在标度f_3上）的水银柱的高度（在标度f_2上），然后运用一条将这些物理量（在f_2和f_3上）与（标度f_1上）水银的温度联系起来的定律，以及另一个将（标度f_1上的）有关的水银的温度与（标度f_4上的）已知导热系数联系起来的定律，从而确定周围介质的温度的量度（标度f_1上的）。注意，所有的引伸测量都是“充满理论”的，因为要想进行引伸测量就必须假定一些理论。这些理论在一给定领域起作用时必须是该领域背景所认可的。

我们对测量的解释是实在论的，因为根据我们的解释，量度总是有因果可能的个体所拥有的物理量的量度。在具体的实践中，人们往往用一个给定的测量程序去建立标度①，但并不能保证这样做会导致产生我们所规定过的那样的标度。因为一个参数的操作定义并不保证任何对象都确实具有那个参数的值② 如果我们借助于一个测量程序给标度下一个操作定义，就像进行操作时

① 虽然我们把对一个测量标度的确定测通程序视为逻辑上不同的，这并不妨碍我们用一个特定测量程序来建立一个标度，而仅仅只是使这种作法成为可使用的非强制性的。

② 关于这一点的更详尽的讨论请参看“Theories, Their Formulations, and the Operational Imperative”第VIII节。——原注

那样，标度不能测量被测对象所具有的任何参数，在这个意义上来说，我们所获得的可能是一个假标度[pseudo-scale]①。这种假标度不是我们定义中的标度。我怀疑行为科学中所使用的许多标度可能都是假标度。我们称包含假标度，且根据我们的解释本来能成为直接或间接测量——假如其标度是一个（部分的）标度，而不是假标度——的任何程序为假测量[pseudo-measusement]。

下面，我们将解释实验检验在理论确认中的作用。(参见第8节）这里，有必要将假测量不作为测量。但这并不意味着它就是无价值的，或者说在科学上是不合理的。它也还是和人为的分类学一样，有科学的合理性，也是有价值的②。例如：作为我系研究生计划招生办公室负责人，我就要以推荐信的考分、平均分、权威性和可靠性的量度给“作一个研究生的潜力”操作地定义一个“标度”；然后我将它分配给多个候选人作一个研究生的潜力量度，再以量度最高的考生来完成我们的招收名额。现在，假设“作为研究生的潜力”不是一个以人类具有的内在物理量为值的参数。那么，我的标度便是一个假标度，我的测量也是一个假测量。但是，如果我的决定程序的确成功地选出了非常出色的学生，那么我求助于假测量是完全有道理的。没有道理的将是假设了作一个研究生的潜力是学生所具有的一种内在属性，或者认为

① 我们不试图给出一个假标度的精确定义，而仅仅只是指出，一个假标度就是满足Ellis对标度的定义然而按照我们的观点又不是一个标度的任何东西。——原注

② 在Some Philosophical Problems Bioloyical Taxonamy and Speciation中，可以找到对自然-人为分类区别的实在论的阐述，这种阐述与上面第2节中所采用的对理论的类实在论的解释相一致。假测量和人为分类间的联系并非只是表面上的；因为，根据这篇文章以及刚才所引那篇文章的结论，我们就可以断定，如果某一参数是一个人为分类所独有的，这个参数的测量就是一个假测量，在那篇文章的第7节以及其他地方我讨论了人为分类的合法用法。

我已经发现一种将作一个研究生的潜力与个人的其他性质联系起来的经验地真的理论。

在讨论前面的Wheatstone电桥一例时，我们曾隐含地假定，通过实验确定电阻有阻抗r'就是观察到电阻抗为r'的一个范例。在结束关于测量的讨论以前，我们先了解一下测量的确能称为观察的情形。

我们在第4节中看到，为了观察到，Φ，Φ必须是事实上(或在与事实相反的条件下)真。测量命题能够事实上真吗?考虑"电阻具有35Ω的阻抗"这个命题。这个命题断定这个电阻具有一个内在属性，在欧姆测量标度上它具有35Ω这个量度。因而实际上这个命题断定的是，这个电阻具有某种内在属性，并使用了"35Ω"来说明这种属性。这样，如果这个电阻具有"35Ω"所指定的属性，那么这个命题就是事实上真。① 它所指出的是：测量标度是指示对象内在属性的系统语言程序，测量程序是确定个体具有哪些属性的系统方法。正因为如此，尽管事实上标度和测量程序似乎是人类任意制造出来的，但是它并不妨碍测量陈述事实上真或假，或者在与事实相反的条件下真或假。另一方面，它清楚地表明，陈述假测量结果的命题永远不可能事实上真。

既然测量命题可以事实上真，那么也可能观察到Φ，其中Φ

① 为了简便起见，我们有意忽略了测量误差。测量仪器仅仅只能以一种有限的精确程度确定物理量的量度。测量仪器的精确程度经常可能要低于该测量标度(例如，假使我的长度测量标度的精确度达到三位小数，我的直尺的精确度却只到一位小数)。在这种情况下，报告说测量结果是例如3.100英吋就等于是把最后这两个数字当作是有意义的，而实际上它们是毫无意义的。在这样一种情况下，正确的报告是$m\pm b$，这里m是测得的值，b表示这个测量所固有的误差范围。测量报告"对象的量度值为$m\pm b$"的意思是说，对象具有某种内在属性，这个属性在该标度上的量度值是在$[m-b,\ m+b]$，这个范围之内。并且如果这个测量结果是正确地得到的，即使"对象的量度值是m"这句话可能不真，这个量度报告$[m\pm b]$也是事实上真的。这样看来，甚至不精确的测量命题也能是事实上真的。

就是一个测量命题。特别是当Φ是一个测量命题时，可能看到Φ。假定你已知对象B，如果B没有一种特殊的属性D，而且"$f(D)$"不是某个标度f上D的量度，那么，你就不会获得你正在获得的视觉经验。如果情况是这样的话，那么事实上"B是$f(D)$"就必然真，因而你能够看到B是$f(D)$。如果在确定B是$f(D)$中包含了推论，情况也不会有明显的变化。任何形式的求助于仪器或引伸测量（其中包含了推理）都必须具有这个领域的背景所认可的理论，以用于说明是什么原因使你不能获得你正在获得的经验——如果B不是$f(D)$的话。因此，假如"B是$f(D)$"是有关的，而且人们知道推理中所运用的领域背景中的那些部分，人们便能观察到B就是$f(D)$。因此，测量可以是观察。实际上，合理的测量必须是观察。因为我们对基本测量的解释要求能观察到$a=pb$；其中b在扩大的标准系统中，而且a是正在被测量的个体；这个解释还要求我们将b的量度指定给a；因此基本测量是观察到什么的一个实例。引伸测量要求借助已知的理论从已知的b_1，……b_n的量度中推导出a的量度；这些量度基本上将从另外一些量度中获得，或是派生出来，这些另外的量度最终仅仅取决于基本测量的量。由此，任何引伸测量都将通过推导从观察获得的量度中获得；因此，当推理是建立在领域背景所认可的已知理论和已知伴随信息的基础上时，引伸测量也就是观察到什么的实例。因此，我们的结论是，测量是一种观察，其中所包含的任何推理都是我们的背景知识所认可的①。依据这一事实，我们就能够仅仅讨论观察，而测量则是其一种特例。

---

① 由于我们仅限于讨论视觉观察，而非视觉测量也是可能的，所以这个论断就比我们的论证实际上所确立的要更强一些；然而，如果我们关于观察的理论被扩展到包括非视觉观察（如同在*Facts and Scientific Observation*中所做的），刚才所阐述的这些考虑就会为所有的测量确立这一结果。

六、实 验 检 验

物理系统是现象系统的抽象的和可能理想化的复制品，它表示假如仅只有理论的基本定义参数产生影响，并且理想化条件得以满足，现象系统的情况将会如何。在将理论运用于现象时，有关现象系统的资料必须转变为关于相应的物理系统的资料。这能以两种方式来进行。首先，我们能在高度控制的实验情形中观察现象，在这些情形中，我们可以十分近似地假定，只有理论的定义参数才对现象系统的行为产生影响。(控制必须是这样的，即：其他的参数不产生明显的影响。)其次，现象系统能在控制不十分严格的情况下也进行活动，其中我们知道除定义参数之外还有哪些对它的行为产生影响，我们还能够分离出对定义参数的值产生影响的"外部"因素。因为这样，我们才能将有关物理系统实际行为的资料转换成关于现象系统的行为将会具有的特征的资料，倘若只有抽象的参数产生影响的话。在这两种情况中，如果理论使现象理想化，则需要进一步将有关现象系统的资料变成有关相应的物理系统的资料。这两种获得有关现象系统资料的方法构成了将理论运用于现象的主要途径。

无论是这两种途径中的任何一种，在将理论T运用于现象时都包含下面的成份。第一，必须有一个实验设计；实验设计由将要运用的实验装置、仪器、测量或资料收集程序等组成。在这种情形中有一个关于一般的设计原理等的陈述，它阐明一个被称为实验设计理论的理论。但并不是实验中所有的考虑都清楚地阐述了。尤其是存在着实验设计理论所假定的，但又没清楚地阐述的其他各种情况均保持不变的条件（尚未陈述的实验控制条件）。根据实验设计理论进行实验，将得到有关现象系统参数实际值的

原始资料。如果实验包含了测量，实验设计必须与前一节的基本测量条件相一致；而且实验设计理论还将从理论上说明，所提到的测量操作是如何使人在实验情况中观察到a是$f(q)$（原始资料）的。如果实验不包含测量，实验理论就必须是这样的，即：在这种情形中，如果是经验真，只有当原始资料陈述为真时，人们才能察觉到（如：看）他所察觉的东西；并且，实验设计理论说明，相关于已满足的其他情况均保持不变条件，这一点是如何可能的。一旦按实验理论进行了这个实验，所导致的原始资料与T形式上不一致；特别是当除定义参数以外的参数对现象系统的影响不可忽略不计时，就必须对原资料进行修正，以便获得没有"外部"影响时有关现象的删减资料[reduced data]；而且当理论对现象理想化时，则需要用理想化的约定进一步改变资料。原始资料的校改也可能是需要的。资料理论确定原始实验资料如何被转换成为有关对应物理系统行为的规范形式的资料。一旦资料通过资料理论被删减，被删减的资料就是关于物理系统的资料，因此，理论可以直接地运用于这个资料，按照前面第1节所指出的方式进行预测。因此将理论T运用于某个现象取决于适当的其他情况均保持不变条件、实验设计理论和资料理论。我们称这三种成份的结合为实验理论。①

假设我们就一个现象系统进行实验，对于实验的细节而言，我们有一个相对于已满足的其他情况均保持不变条件，切实可行

① 刚才所作的关于理论怎样适用于现象的说明部分建立在Patrick Suppes "Model of Date"基础之上。关于他用这问题的观点的讨论，参看"The Search for Philosophic Understanding..."第IV-E节。当我们把他的观点和前面的讨论联系起来时，很重要的一点是要注意到，我们所说的"实验理论"和他所说的"实验理论"是相当不同的；他的实验理论的功能是由语义学观的理论T所执行的；因而在上面的说明中就不占有地位。我们所称为实验理论的东西大致上就是他称为理论或模型层次的东西。

的实验理论，因此我们根据该实验理论进行实验，从而得到了有关对应物理系统的还原资料。不管测量是否包含于实验理论之中，只要实验理论是已知的，在获得这个资料的过程中就包含了观察；而且给定第4节中的简化假定，我们便可以假定这是一个视觉观察。这样，是不是说我们观察到了ψ（这里ψ是还原资料的相关陈述）呢？假设还原资料的命题ψ在与事实相反的条件下就现象系统而言为真（根据第4节的论述这是恰当的），并且假设按照第3节实验理论是经验地真的是已知的，并为领域背景所认可；还假设其他情况均保持不变条件得以满足；那么事实上，实验设计理论经验地真，而且如果沿着正确的方法继续下去的话，所获得的原始资料陈述将实际上为真。此外，依照上一段的讨论和第4、5节的结果，可以看出，人们已经观察到了Φ，这里，Φ是一个原始资料陈述，进一步说，资料理论同样将是经验地真，因此，从这样的原始资料陈述中正确地获得的任何资料陈述也必将在与事实相反的条件下为真；所以，根据第4节对运用了推理的观察的解释，可以得出我们已经观察到了ψ的结论（根据实验理论，已经满足有关观察可靠性的条件）。因此，我们可以作出结论：如果一个人根据一个经验真的实验理论——这一理论是已知的，也是所涉领域所认可的——获得了在与事实相反的条件下（或事实上）真的还原资料命题ψ，并且，其他情况均保持不变条件得以满足，那么他就观察到了ψ；当然，如果实验理论是经验地假，或是未知的，或者说实验没有按照它去进行，或者其他情况均保持不变条件没有满足，那么他就不能观察到ψ。这些发现表明，观察是如何充满理论，也表明可观察现象范围是多么广。只有当产生有关某个物理系统还原资料的观察既不包含仪器又不包含推理时，才不需要实验的理论。

一个理论的实验检验在于将理论的预测与通过实验理论（当

需要的时候）所获得的观察资料进行比较。某个理论对于某个给定的现象系统是否可检验，将取决于领域背景所认可的是什么样的实验理论。正因为如此，再要企图发现某些理论是否可检验的绝对意义（如实证主义者所做的那样）就没有什么意义了。

七、实验理论与领域背景

无论何时，只要观察运用了仪器或推理，一个已知的实验理论就是观察的一种主要成份；因此，实验的理论在科学观察中占有重要的地位。本节我们将探索实验理论的理论性质。因为几乎最原始的科学观察都运用了仪器，所以，我们将只限于讨论涉及仪器的观察。

假设，我们通过运用仪器G观察P使理论T实验地运用于现象系统P。在这个观察中，下面的这些参数是重要的：（1）理论T的定义参数$p_1,\cdots\cdots,p_n(n\geqslant1)$；描述$P$中个体特征的参数$v_1,\cdots\cdots,v_m(m\geqslant0)$，而不是$p_1,\cdots\cdots,p_n$，前者在这个实验中对某些$p_1,\cdots\cdots,p_n$产生不可忽略的影响；（3）与观察相关的仪器$G$的参数$g_1,\cdots\cdots,g_k(k\geqslant1)$（如：开关位置，刻度盘上的读数，接线图，望远镜的折射率等等）；（4）在这个实验中对某些$g_1,\cdots\cdots,g_k$产生不可忽略影响的参数$e_1,\cdots\cdots,e_l(l\geqslant0)$和（5）在其他情况均保持不变条件中包含的各种参数。注意：其中有些参数不只出现在一张表上——例如：如果仪器影响任何$p_1,\cdots\cdots,p_n$的值，在这种情况下，第二种类型的某些参数同样是第三种类型的参数。仪器G本身就是一个现象系统，为使仪器在观察中起重要作用，在实验过程的不同时间里，现象系统P的状态S_P与仪器G的状态S_G之间必须存在着某一相关性；因为，正是通过确定仪器的状态，我们才能够确定P的状态。为了使P的状态与G的状态之间产生这种相关性，P与G必定以这种方式相互作用，即：状态G所处

的状态受状态P所处的状态的影响。实验设计理论必须解释这种相互作用，这样它就是一个有相互作用律的理论。

刚才所谈的实验设计理论的参数将是$p_1, \cdots\cdots, p_n, v_1, \cdots\cdots, v_m$，$g_1, \cdots\cdots g_k$，以及$e_1, \cdots\cdots, e_l$，并且，它特别详细地说明，P和G相互作用，以使得（至少某些）$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值是剩余参数值的函数。① $p_1, \cdots\cdots, p_n, v_1, \cdots\cdots, v_m, g_1, \cdots\cdots, g_k$和$e_1, \cdots\cdots, e_l$伴随值的一个可能集合将是实验设计物理系统理论的一个状态，该物理系统与构成P和G相互作用的现象系统相对应。运用实验设计理论和确定$v_1, \cdots\cdots, v_m$，$g_1, \cdots\cdots, g_k$，以及$e_1, \cdots\cdots, e_l$的值中的相互作用解，我们可以确定表示P和G相互作用特征的$p_1, \cdots\cdots, p_n$的一个或更多的值。虽然这些值表示了实验设计状态S'与构成P和G相互作用的现象系统相对应的理论的特征，但是，如果$m>0$，$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值则不是对应现象系统P的理论T物理系统状态S的特征。因为如此获得的$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值受到$v_1, \cdots\cdots, v_m$不可忽略的影响。资料理论将描述通过实验设计的理论所获得的$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值是如何转为如果$v_1, \cdots\cdots, v_m$不影响$p_1, \cdots\cdots, p_n$，P的特征将会是怎样的$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值（即确定理论T物理系统状态S）。把所有的这些观察与实验设计和资料理论就是实验理论的成分这一事实汇集起来，我们就获得这样一个一般结果，即：无论何时只要观察有意义地包含了仪器的运用，实验理论就包括相互作用律；正是这个事实说明了为什么仪器能够提高我们的观察能力。

可以区分两种相互作用律。一是无干涉[non-inteifering]相互作用律，这里，如果没有仪器G的话，P将处于相同状态之

① 为了简便起见，如果要涉及到测量，我们就假定，除了$p_1 \cdots p_n$以外的所有可测参数都是其值可被基本测量程序确定的参数，从而设备G就包括进行所有这些基本测量所需要的所有设备。即使涉及到引伸测量程序这个假定，也是合理的，这是因为引伸测量最终依赖于以基本量度方式所取得的量值。

中；在这种情况下，g_1,……,g_k不出现在v_1,……,v_m之中。第二是干涉性[interfering]相互作用律，这里，P和G的相互作用改变或影响p_1,……,p_n中的一个或更多的值；在这种情况下，某些g_1,……,g_k将在v_1,……,v_m之中。如果实验设计理论包含干涉性相互作用律，那么资料理论必须使人们能够确定，假如P与G无相互作用，p_1,……,p_n具有什么样的值；否则，实验理论将不能确定p_1,……,p_n具有什么样的值，如果P的情况仅仅依赖于它们的话——这是获得有关对应于P的物理系统的删减资料所需要的。有时，没有领域所认可的已知资料理论能够如此"消除"G对于P的干涉，在这种情况下，有关对应于P的物理系统的资料就不能获得。在极端场合，对一类特定现象才会出现这种情况；例如：根据Copenhagen量子论说明，对于任何亚原子粒子的物理系统，情况总是如此。在这种情况下，借助于仪器的观察仍有可能；因为，如果P和G的相互作用本身就是理论T范围中的一个现象系统P^*，就可以对P^*进行观察，并且，如果资料理论使人们能将有关P^*的原始资料转为有关P^*在只受到p_1,……,p_n和g_1,……g_n的影响时情况将会怎样的删减资料，那么，我们就能获得描述对应于P^*的物理系统特征的资料。因此，尽管我们不能观察对应于P的物理系统的状态，我们却能观察到对应于P^*的物理系统的状态。这就是量子理论观察（测量）所特有的情形，并且，量子测量理论所特有的性质就是这一事实的反映。因此，我们看到，语义学理论观能使量子理论测量特性的意义可以理解。① 因为，事实上，领域的背景所认可的实验理论只允许这种测量。②。

① 关于从语义学理论观的角度对量子论测量的特殊性质所作的杰出而广泛的讨论，参看Van Fraassen, A Formal Approach to the Philosophy of Science第二部分。——原注

② 这一点表明，哥本哈根学派对量子论的解释和隐藏变元假说之间的争论可被部分地归因于这两派采用了不同的领域背景；他们甚至可能是在探讨不同的（尽管是部分重合的）领域。

有理由假定我们能够对领域的背景作出较为准确的限制，使得在一个给定的领域中从事研究的人一般都能就哪些属于领域背景达到一致。这就暗示，领域背景中的理论数应该是有限的。然而，接受这个暗示就会产生一个问题。因为凡是通过实验运用仪器或推理将理论运用于现象都必须与领域所认可的实验理论相一致。而对于不管多么复杂的理论而言，理论对现象的各种不同的实验运用的数目都是潜在地无限的，因此，领域所认可的实验理论的数目必定是潜在地无限的。而且，理论对现象的大多数“有趣”的实验运用都包含了实验的突破，这样的运用，不被任何先前运用的实验理论所包含；然而，在该领域从事研究的人员经常是很容易接受这个新的，常常是很精致的实验理论为领域所认可的理论。我们有关观察和理论对现象的实验运用的阐述必须说明这如何可能①。我想一开始就假定领域背景中的理论数是有限的。然后我想提出一个从领域背景中的理论产生实验理论的一般程序；我的结论是：任何如此产生的实验理论都是领域所认可的。

一个（来自Clifford Hooker的）例子②将有助于我们产生实验理论的程序。这个例子涉及到一个云室实验的实验设计理论的产生。云室是一个盒子，在里面，可使空气中充满了水汽，这样，一个快速运动的带电粒子（电子或质子）能够电离振荡已饱和的空气的气体原子，并使气体原子的周围形成水微滴。这样

① T.Kuhn的Sekond Thonght on Paradigm[对范式的再思考]（见我的*The Structnre of Scientific Theories* pp.459—482）在很大程度上是试图要按照他对科学事业的看法来解决几乎相同的问题，我在Exemplars, Theories, and Disciplinary Matrixes中严厉地批评了他的那些观点。下面的讨论可被看作是Kuhn那些观点的对立面，这是我根据语义学理论观而提出来的。

② 参看On Glofal Theories，附录，在那里他比我这里远为详尽的探讨了这个例子。

观察者可以看到室中的云雾沿粒子轨迹曳动。由于这些粒子是带电的，因此，它们能感受到电场中的力；所以，如果电场被运用于云室，电子和质子就有不同特征的轨迹通过云室。在云室中所观察到的轨迹就是不同形状的雾的曳动；然后放进一个粒子源（如电子丝），我们就可以通过看各种不同形状的雾的曳动来观察质子和电子的存在。

在实践中，我们可以用实验设计理论来说明这样的观察。这种实验设计的理论可以用下列方法获得：有了领域背景中的各种理论公式，加上关于实验装置的事实陈述，以及伴随信息，我们就可以通过演绎或归纳得出这样一些命题，它们阐明：在用这种仪器进行观察时，只要一个如此这般形状的雾的曳动被观察到，就有一个电子（质子）正在沿那种雾的曳动轨迹运动。在这个例子中，被运用的理论将是原子理论、电磁理论、热理论、气体理论和力学理论[①]。当所获得的这种特殊例子的概括包含个别的观察时，科学家们将会承认实验设计是领域背景所认可的。但是，这种被认可的概括是一个命题，一个语言实体，所以它不能成为实验设计理论（因为理论是超语言结构）；而且，如此获得的概括不能对观察所需要的实验装置提供说明。这个概括不过是实验设计理论的一种表述中的一个命题。

那么，我们怎样才能获得实验设计理论呢？在如云室观察的例子中，一些理论$T_1, \cdots\cdots, T_n$的表述$\mathscr{T}_1, \cdots\cdots, \mathscr{T}_n$与事实陈述$\mathscr{F}$和伴随信息$\mathscr{C}$一起运用，以便获得能说明云室实验的特殊概括$\mathscr{E}$。为了达到这个目的，$\mathscr{T}_1, \cdots\cdots, \mathscr{T}_n$，$\mathscr{F}$和$\mathscr{C}$必须一致，它们用相同的术语指称属于几个理论、事实或伴随信息所共有的任何参数。设$\mathscr{T}^*$为用来在上面所描述的那种推导中获得$\mathscr{E}$的相一致的$\mathscr{T}_1, \cdots\cdots, \mathscr{T}_n$，$\mathscr{F}$和$\mathscr{C}$中的命题集合；这种推导要求，$\mathscr{T}^*$

---

① 关于根据这些理论而作的推导参看前面所引Hooker的著作。

包含$\mathscr{T}_1$,……,$\mathscr{T}_n$中的定律陈述。如果T_1,……,T_n经验地真，并且$\mathscr{S}$和$\mathscr{C}$事实上真，那么，命题$\mathscr{T}^*$是一致的；这样，$\mathscr{T}^*$将有一个模式。① 特别是$\mathscr{T}^*$将有一个其论域包含状态的模式，模式的定义参数都是由$\mathscr{T}^*$命题的参数术语所表示的那些参数。既然，$\mathscr{T}^*$中的命题一般不包含T_1,……,T_n的完全表述，$\mathscr{T}^*$能够有一些不同的，但不等值的模型，这些模型有上面所表明那种相同的论域。所有这些具有相同论域的模型的集合构成$\mathscr{T}^*$的部分解释。根据别处提出的关于部分解释的结论，② 可以得出具有相同论域的模型中有一个将会是一个经验真的理论，如果T_1,……,T_n是经验地真，并且$\mathscr{S}$和$\mathscr{C}$是事实地真的话。因此，$\mathscr{T}^*$是一个经验真的理论的一个部分表述（虽然我们还不能肯定这个理论的完全表述将会怎样）；并且，$\mathscr{T}^*$对于那个理论而言是真的；如此获得的理论是所要求的实验设计理论，并且，它足以对观察所需要的实验装置提供说明，并且如果我们知道，$\mathscr{T}_1$,……,$\mathscr{T}_n$,$\mathscr{S}$并且$\mathscr{C}$，那么，我们就知$\mathscr{T}^*$并且$\mathscr{E}$。可运用基本上相同的程序来获得资料理论，且因此获得实验理论。这样，我们就有了从领域背景中有限数的经验真的理论中获得潜在着无限数的，不同的实验

---

① 在云室例子中的一个隐含的假定以及我们由这个假定而来的概括对于这里所提出的程序是很重要的，因而需要对它们加以明确阐述。我们隐含地假定了从被合并入$\mathscr{S}^*$的$\mathscr{T}_1$,……,$\mathscr{T}_n$而来的相关陈述全都是对于实验状况事实上（相对于虚拟的）为真。如果没有这个假定，就不能保证$\mathscr{T}^*$将有一个所需要的那种模型。这是因为理论的物理解释的反事实性质使理论的经验真理具有反事实性质。这就使理论构述的模型论复杂化了。当T_1…T_n的相关的定律同实验状况反事实地相联系时，借助于构述那些对于实验状况事实上为真的定律在特殊情况下的变形将使提出的这个程序能被应用。

② 参看On Partial Interpretation, pp.64—65“部分解释”这个词是从实证主义者那里来的。我在“On Partial Interpretation”中对这个概念作了一个精确的构述。遵照实证主义者的作法，我在那里根据观察名词与理论名词的区别构述这个概念，但是在那里所提出的基本论点完全不依赖于把部分解释同观察-理论名词的区分联结在一起。在这篇文章的这一段中，我假定我对部分解释的基本论点(pp.64—63）已从这样一种区分中分离出来了。

理论的概括程序，这个程序能使我们知道如此获得的理论，这样得到的任何理论都是由领域背景所认可的。因此，前面章节的论述中所要求的各种观察是可能的。注意：上面的这个程序是一种很少为人注意的理论还原形式，其中一些变为普遍的理论（T_1，……，T_n）被还原为相对有限范围的一种（由$\mathscr{T}^*$部分表述的）特例理论。

八、实验检验与理论确认

虽然进行实验检验是为了解答或帮助解答各式各样不同种类的领域问题。但是它的主要功能之一却是使得某一给定理论得以确认或否证。通常为科学所运用的确认过程的一个标准描述是：理论被付诸一定数目的实验检验，这些检验在于将理论所作出的预测却被观察到的物理系统行为进行比较。如果理论能通过各种如此适当的检验，那么就可以作出结论：理论经验地真是高概率的。确认理论就是对这种确认过程为什么合法所作的哲学说明。虽然确认理论的发展全过程不属本文的范围，但在这一节里我们仍完整地描述出了语义观点的确认理论的概貌，以便表明实验检验对于理论确认的作用。

在第三节，我们看到，一个具有意指范围I和定义参数p_1，……，p_n的理论T是经验地真，当且仅当（i）I是有因果可能的现象系统的一个集合，其论域包含以p_1，……p_n为其本质属性的个体，（ii）T所允许的参数p_1，……，p_n的可能值是I中现象系统的个体确实具有的属性，或是其理想化；（iii）T的理论导出的物理系统的集合与有因果可能的物理系统的类相等。确认理论必须说明实验检验程序是如何使人们确信这三个条件已被满足的。

在第1节我们已经说过，T的定义参数p_1，……，p_n是从I的现象系统中抽象出来的参数；在第2节中我们说过，I中的每个

现象系统都与某个有因果可能的物理系统之间有着那一节中所说的复制关系。从这两个条件中得出：$p_1, \cdots\cdots, p_n$是构成I的所有有因果可能的现象系统的特征。这样就满足了经验真的条件(i)。[①] 在第2节中我们看到，无论何时只要I中的一个现象系统P与某个物理系统S有着复制关系，在S状态中出现的参数$p_1, \cdots\cdots, p_n$的值就是P中个体所具有的属性，或是其理想化。因此，出现在任何有因果可能的物理系统状态中的任何属性都将是I的某个物理系统中的个体所具有的属性（或其理想化）。现假设，满足了经验真的条件（iii），那么，理论导出的物理系统的类便与有因果可能的物理系统的类相等了。但是这样，被T看作是物理上可能的每个属性将出现于某一有因果可能的物理系统的状态之中；因此，按照前面的讨论，这一属性（或其理想化）将为I中的某个物理系统的某些个体所具有。也就是说，无论何时，只要经验真的条件（iii）得以满足，条件（ii）也就得到满足。因此，要确认一个理论T，只要证明条件（iii）得以满足就行了。要否认T只需证明条件（ii）或（iii）来被满足。

实验检验何以能使我们确信条件（iii）已经满足，或条件（ii）或（iii）未能满足呢？从第6节中我们回忆起，经验检验在于：(a)通过观察确定与I中被观察到的现象系统相对应的物理系统状

---

① 某些读者将会有这样的忧虑：条件（i）实际上是由于定义而被满足的。然而，这样的忧虑是没有根据的。因为一般说来我们对于I的外延并无先验知识（理论的一个作用就是产生这样的知识）；相反的，为了要在理论建立起来以前阐明I，我们就必须求助于某种隐含的通常是根据$P_1, \cdots, P_n$而作的描述，例如，我们通过提及这类涉及有限数量物体的力学现象而指明经典粒子力学的范围I，这里"物体"是指具有位置和动量的粗大对象，而"力学现象"则是指这种物体的位置和动量的变化；通过这样做我们就用经典粒子力学的定义参数来指明它的范围，于是也就自动地满足了条件（i）。因而，条件（i）实际上是由于语义学观的定义而被满足这个事实就是可接受的，因为它是实际科学实践的反映。

态；而这些观察又在于确定与被观察到的现象系统P相对应的物理系统S在t_0时处于状态S_0，在t_1时处于状态S_1，……，和在t_k时处于状态S_k；(b)将这些观察与理论预测对比，看S在t_0……t_k时会处于什么状态之中；这就等于确定，物理系统S是不是在T的理论推导的物理系统的类中。为了弄清实验检验对理论确认的作用，我们需要对检验的两个方面进行更深入的探讨。

（a）假设我们对一个物理系统P进行实验检验，并且观察到与P相对应的物理系统S在t_0……，t_k时分别处于状态S_0……S_k之中。鉴于第2节和第5—8节的结论，情况必须如此，即：在t_0……t_k时，S分别处于S_0……S_k状态（或是按注释39的线索发生某个变化）对于S而言事实上真，且对于P而言在与事实相反的条件下真。这样，我们就有了关于有因果可能的物理系统S的观察知识。

（b）根据第1节的程序，我们用T起预测S在t_0……t_k时会处于什么状态之中。如果理论定律是决定论相继律，这就会分别产生t_0……t_k时的状态S'_0……S'_k。如果对于$i=0,\cdots,k$，S_i是S'_i，那么，我们就说，S是理论的一个**确认实例**；如果对任何i，S_i和S'_i都不相同，我们就说，S是一个**否证的实例**①。如果理论具有

---

① 如果我们对S_0，…，S_k的确定要受到测量误差的影响（参看注39），我们就将不得不用统计学的仲裁来确定S_i和S'_i是否相同；从统计学上讲，这是一个拟合优度问题，这问题涉及到S_i和S'_i是不是从同一现象系统而来的可能有误差的测量。由于测量误差的分布通常是近似于正态的，我们通常就可使用一个X检验；在其他情况下，也许需要利用其他的统计方法，例如非参数拟合优度统计。更多的细节请参看"The Meaning and Use of Models…"第3.4节。请注意一个反证的例子可能以两种方式出现：第一，某一个S_i或许会被T认为是物理上不可能的；这样我们就未能满足条件（ii）。第二，也许所有的S_i按照T都是物理上可能的，但是S_0…S_k并不是任何因果上可能的物理系统的特征；于是我们虽然满足了（ii）却未能满足（iii）。正是为了要显示这两种不同类型的反证例子我们才决定要区别条件（ii）和条件（iii），尽管事实上它们其中之一是多余的。

决定论共存律，那么对每个t_i（$i>0$），我们都将获得可能状态S_i^1……S_i的某个范围，如果对于$i=1,……,k$，S_i是在$S_i^1……S_i^{n\cdots 1}$之中的话，那么，我们就说，S是T的一个确认实例。如果对某个i，S_i不是在$S_i^1……S_i^{n\cdots 1}$中，我们就说，S是T的一个否证实例。①

如果T是有统计学的相继律或共存律，除了将给每个$S_i……S_i^{n\cdots 1}$赋予概率测度以外，预测将与决定论的共存律的预测相同。对于每个i，$S_i^1……S_i^{n\cdots 1}$确定从在t_0时S_0开始的状态的可能序列S^*的一个类，并且，如果被指定概率测度是各种S_i，……，S_i（$i=1$，……，k），那么将给S^*中的每个序列指定一种概率，为了获得这种情况中T的确认实例，有必要反复地观察其对应物理系统S_1，S_2……在t_0时处于状态S_0的现象系统P_1，P_2……，从而确定它们在t_1……t_k时的状态。这样做我们就可以得到这种物理系统的抽样分布。如果所有被观察的S_1，S_2……都在S^*中，而且已有了足够的观察，以致于通过使用适当的拟合优度[goodness of fit]检验，我们能确定S_1，S_2，…是S^*中的一个随机抽样的概率超过了预定把握的水准，那么，我们就说，S_1，S_2……构成T的一个确认实例。如果S_1，S_2……中有一个或多个不在S^*中，或是已观察到了足够多的现象系统，以致于运用适当的统计学拟合优度检验，我们就可以在预定把握的水准上拒绝S_1，S_2……是S^*的随机抽样这一假说，这样我们就说，S_1，S_2，……构成T的否证实例。当T中包含相互作用律时，T的确认实例和否证实例的概念则将是上述情况的混合。

① 对于像量子论等等的理论（在这些理论中P_1，…，P_n以概率分布函数为其值），上述理论必须变得更复杂一些，虽然基本上还是相同的。论述上的这些变化是关于使用重复的检验来确定哪一个因果上可能的物理系统是与涉及到的这些现象系统符合一致的。这种情形与下面所考虑的那些种类的情况并不是不相似的。

现在，我们可以直接地转入T的确认与否证。如果通过T的实验检验，我们获得了T的否证实例，那么情况要么是T为假，要么是T非常可能为假(这要根据以上的讨论，合适地理解否证实例这一概念)。在这种情况下，T为假是由于不满足经验真的定义第(ii)和第(iii)条而引起的。谈到确认，从上文我们看到，要确认T是经验真，只要表明满足经验真条件(iii)即可，这样做要遇到一些困难。既然I一般将是无限的，并且，目前的技术状况可能会将对I中的某些类型的现象系统的观察排除在外，因此，事实一般会是：我们不能考察I中所有的物理系统，从而也无法完全确定什么是T的有因果可能的物理系统的类；的确，就实用和经济而言，能够考察的只能是I中的少数现象系统。这样，我们通常就无法必然地确定是否满足条件(iii)，因而也无法确定是否满足条件(ii)。在这个意义上说，T的绝对确认一般是不可能的。正因为如此，实验检验能使我们确定的至多只是条件(iii)，从而条件(ii)的满足是高概率的；因此确定，T经验真是高概率的。这就是说我们一般必须满足于T的**相对确认**。

相对确认必须在T的确认实例的基础上确定。用这样或那样的方法，我们从观察I的各类现象系统中获得T的一定数量的确认实例。当获得了足够的各类确认实例，而没有(或相对来说有较少的)否证实例时，我们便可**归纳**出结论，T是经验真。根据前面的讨论，这就等于断定满足条件(iii)。试图说明这种归纳推理的逻辑，特别是在我们当前对归纳逻辑的理解还是十分肤浅的时候，这样做，超越了本文的范围。但是，就这种归纳推理的本质提出几点看法是可以的。根据语义观点，确认一个理论T的问题归结为理论导出的物理系统的类和T的有因果可能的物理系统的类是否同外延(即是否满足(iii))的问题。这就是一个总体同一(identity-of-population)的问题。理论导出的物理系统的

类是——至少原则上是——可知的，而有因果可能的物理系统的类则不然。实验检验产生有关有因果可能的物理系统类中成员的零散知识（如确认实例），从那些知识中我们再来设法确定物理系统的这两个类是否同一。这样，确定条件（iii）似乎就是一个有关两域同一的拟合优度问题，并且确认T所要求的归纳推理也将是某个拟合优度统计所容许的。

我们用一种认识论见解来结束有关确认的讨论。如果我们接受了知识是被辩护为真的信念这个一般论点，并且，进一步承认，确定：T已沿着上面所讨论的路线得到高确证就构成充分辩护的话，那么，理论T的确认就是获得知识的一种手段。因为通过上面的（a），我们的T的确认实例是力知的；所以如果在这些确认实例基础上，运用我们的确认程序确定，T经验地真是高概率的话，那么我们就有理由相信T。而且，如果我们相信T，并且T是经验地真，我们就知道T。在这种情况下，借助于T，我们就能获得有关世界和各种尚未考察的现象系统的理论知识。正如上面（第4节）所表明的那样，这种理论知识能够被用来提高我们的观察能力。

九、总　结

在简单地叙述了语义学理论观的主要特征（1—3节）之后，我们通过探索在预测（第1节）与实验检验（第4—7节）中理论与现象相联系的方法，进一步发展了语义学理论观。我们论证了，可以对测量作实在论的解释（第5节），并且，当这样分析测量时，对观察采取的一种似乎有理的解释（第4节）得出了这样的结论，即：测量是一种产生有关世界的客观知识的观察（第5节）。然后，我们又转向考虑实验设计的本质，它在预见以及实验

检验中的作用。我们论证了理论对现象的这种运用需要借助实验的辅助理论（第6节），我们还探索了这种实验理论的认识论性质（第7节）。然后，我们整理有关这些的发现来说明经验检验如何能导致理论的相对确认，并产生有关世界的理论知识（第8节）；在这些过程中，我们对这样一个确认理论的本质作了推测性的评论。

石义彬 王小光 译

曹秋华 校

物理过程的形式表示*

Van Fraassen

在逻辑哲学和数学哲学中，形式方法似乎已成为几乎不可缺少的。这可能由于当今逻辑学本身就是一门极为形式的学科，而在数学中，至少，其基础的研究也是高度形式化的。这在科学，甚至在物理学却不然，虽然，物理学的基础研究工作似乎日益变得充满活力和更为抽象；因此，也许还未有令人信服的理由把科学哲学转变到形式方法。然而，许多哲学家已经在做这项工作，我亦愿在此探索这种方法，并提出一个适当实施它的方法，而没有超出其合理范围的过分的设想。

一、理论的形式化

当提出一种理论时，这理论当然要用使用中的语言来表达。这种语言是自然语言，然而，我们必须接着说，一个科学家说明或提出一种理论（比喻，例如）时，他将自然而然地避开他所讲的语言的某些方面，并将自然而然地使用其学科固定使用的专门术语。尽管，形式化这种理论工作可能是艰巨的，但我们可以描述某些形式化的一般特点。

---

* 译自 *Paradigms and Paradoxes*《范式与悖论》一书中"A formal Approach to the Philosophy of Science"《对科学哲学的形式方法》一文的第一部分。——译注

一种理论有三个方面必须加以考虑。第一，理论是有关某一特定等级和种类的事物，有关数或数学结构，有关有机体或生物系统，有关分子或分子结构，等等。理论本身可以提出这一种类的分类成为子种类。第二，这理论是有关哪一方面的就有用以表达这方面的专门术语：例如，它引入新的技术词语和借用代数，几何或力学的普通概念。第三，理论创造了特殊断定的本体：它的断定有关形成理论题材的结构，以它特有的专门术语写成公式。

在形式化问题上，我们一贯使用的语言又是使用中的语言的限定部分，对我们来说，就是"数学英语"。那种语言游戏的结构现在已理解清楚了。在那里我们给理论构造句法，它被喻为对理论精确公式化所需要的自然语言部分的忠实代表。我们也描述准确的条件，一种结构在什么条件下属于理论的题材。在此，我们并不在乎是否还容纳与预期结构同形的结构：就形式上说，那是没有区别的。理论的语义学在于这个等级的结构定义加上有关这些结构的句法解释。解释特别要出自于真一定义：已知句法的任一句子和这些结构的任一结构，这结构是否满足（被正确地描述）这句子，这个问题要有一个明确的回答。

最后，我们必须规定作为这个理论的定理的这种句法的一套句子：这套句子要忠实地表达理论的断定。公理法的理想，在本世纪初如此地深受赞扬，就是这个定义要有一种特殊形式：给予计算一个有限句子表作为公理，加上有限套具有有效特性的句法交换，以便从这些公理导致整套定理。

这里有三点说明。首先对实际理论实施公理法，包括在原理和实践两方面的困难，现在已是众所周知的。第二，理论的公理公式以许多可能的选择方式中的一种呈现其定理的本体：这就是说，它仅从单一观点去呈现这理论。第三，公理理想坚决要求一

种特殊种类的定理有纯粹句法上的定义。较自由的句法定义形式是有效用的。此外，也可能给出这套定理的语义学定义，也许，这样更有用处。

要对最后一点用详细说明，我们说，当语义学详细说明的每一结构同时满足句子A_1，……，An，……，和B时，A_1，……，An，……就语义上需要B。那么，显然，定理句法上需要的任何句子的适合标准也是一个定理。若一结构满足那一理论的定理，把它称为这一理论的模式T，就有下列恒等式：

T的定理＝T的全部模式所满足的句子。

T的模式＝满足T的全部定理的结构。

这些恒等式建立了关于理论的句法和语义观点之间的一定等价关系。但是，得出这等式是由于我们指出了适合那套定理的任何定义的语义标准，那套定理是否能用一种已知句法手段来表明则是另一个问题。

这个不适合于句法、公理法探讨的可能性自然导致更加强调语义学。尤其可以利用数学英语的各个方面来定义这套理论的模式，为这理论提供丰富足够的句法问题。这曾经一度在科学哲学讨论中占据首位，现在已变得不那么重要了。

我们已经指出的理论形式分析的构架适合于科学理论的讨论吗？我想原则上是的。但它只是一个很一般的构架，大概，人们应该重视那些把科学理论与纯数学理论区分开来的特点。另外，似乎已有一个总的推断：这构架的适当用途以及这构架所提供的形式概念工具，首先就要求这个被讨论理论的完全形式化。我认为这个推断是错误的。在着手讨论我提议的把形式方法用于科学哲学这特殊方法之前，让我们先讨论在这领域中蒙塔古和撒普斯的研究的若干方面。

二、蒙塔古论决定论的理论

理查德·蒙塔古在《决定论的理论》一文中就许多围绕决定论的直觉观念问题提供了细致的形式分析。我在此概述文章的一小部分。由于我的主要目的是把我自己的方法与蒙塔古的方法区分开来，所以，这部分概述将不公平对待他的文章。但是，我的评论也不打算否认蒙塔古方法的潜在成果和能力。

蒙塔古认为理论以第一级谓语语言（在初等逻辑中研究的语言）形成公式。并假定这些语言至少有"是一个实数"和"是一个自然数"的谓语，以及有加法和乘法的运算符号。当给出这些数学表达式以正规的解释时，这种语言解释便称作完全标准的。在这样的语言里。物理系统的历史可通过列举出系统的元素表，和蒙塔古所谓系统的状态变量来描述。这些都是时间的函数（时间由实数连续统表示），它们完全具有诸如质量、位置、温度等等相应的物理量值。一个系统的全套状态变量给出时间中每一时刻系统的状态。

已知一个理论T以语言L公式表示，是否一个已知的历史实现（或满足）T的问题是有明确回答的。现在让我们作些简化，我们可以将蒙塔古的决定论定义概括如下：如果任何两个历史实现*T*，并在已知时间里恒等，在任何时间里恒等，那么，理论*T*就是定决论的。第二，一个物理系统（或它的历史），如果它的历史实现某决定论的理论（蒙塔古提出许多这些精细的概念，对他的文章的更充分地讨论不可忽略），这个物理系统（或它的历史）是完全决定的。

蒙塔古定义的进一步的概念是周期性的概念。如果当一个历史的状态在时间t_1和t_2是恒等的，对于任何一个r值，其状态t_1+

r和t_2+r，也是恒等的，则这个历史是完全周期的。蒙塔古把此定义归功于内格尔，他说，内格尔似乎提出周期性是决定论的基础。当然，许多别的哲学家和物理学家似乎都认为，在此定义的周期性和决定论之间存在着内在的联系。

蒙塔古令人震惊的证明是那两个概念谁也不蕴涵谁。首先，他定义一个非周期性的决定论系统。让这系统有一个单一的、实值的、状态变量S，定义如下：

$S(t)=0$　当t是一个自然数，否则

$S(t)=t$

这条件可用一阶语言中一个单一句子写成公式。把这句子作为理论T的公理，我们注意到（限于标准解释）恰恰存在一个实现T的历史，因此根据蒙塔古的定义，T是决定论的。所以系统的历史实现一个决定论的理论，并因而是决定论的定义。但它不是周期的：

$s(2)=s(3)$ 但$s(2+\pi)\neq s(3+\pi)$。

其次，可以证明存在周期系统，这些系统由于考虑到语言的基数性不是决定论的。蒙塔古假定语言有可数多个表达式，因此，用语言公式化的理论数为c，连续统的势。此外，每一决定论的历史是由它在$t=0$时的状态加上它实现决定论的理论来决定的，因此，没有比c更多的决定论的历史。但在实数内时间的每一个函数都是一个周期的历史（带有单一状态变量），同时，有2^c个这样的函数。

对蒙塔古的结论提出争论之前，一些意见是恰当的。在双方的论证里，有关定义都十分空洞。如果一个历史最多实现一个理论，这个理论就是决定论的，因为那时不可能有两个历史实现这个理论，两个历史在某一时刻同一，另一时刻又不同。如果一个历史把时间一对一地映射于状态，历史是周期的。从此以后，它

在不同时间里便永远没有同一的状态。

再次，语言有可数多种表达式的假定虽然在这证明中起重要的作用，但它对结论似乎并不重要。因为：设此语言公式化的理论数目为$\alpha\geqslant c$，那么，如果我们假定至少有β种可能状态，对于一个足够大的基数β，就有多于α个时间与状态的一对一的映射。例如，若$r>\alpha$，且基数c有r套性质不同的状态，那么，至少有r套性质不同的时间与状态的一一映射。然而，期望存在具有那么多性质不同的可能状态的系统是不现实的。

复次，如果我们不把注意力固定在第一级谓语语言上，证明的第二部分就不成立。因为一个不实现在一种语言里公式化的决定论的理论的历史，仍然可能实现在另一种的语言里公式化的决定论的理论。

最后，这里给出的周期性定义与通常在科学中得出的周期性的概念不吻合。正确的定义应该是：如果有一个数字τ（它的周期）使得在t和$t+\tau$的状态对于所有时间t都是同一的，则历史就是完全周期的。例如，考虑一个摆，其摆锤在$t=0$时，位置在0，终末位置a和b，周期为4。于是，比方说，在时间1，3，7，11，……时摆锤位置为a，在时间1，5，9……时摆锤位置为b，时间为0，2，4，6……时摆锤位置为0。当描述其状态时，如果我们只考虑它的位置，这系统就是标准的周期性系统。但按蒙塔古的观点来看，其历史是非周期的，其状态在0和2时相同，但在（0+1）和（2+1）时并不相同。

然而，这些都是非主要的评论。最重要的还是蒙塔古的证明；我不赞成放弃在决定论和蒙塔古定义意义下的周期性之间存在着根本联系的信念。蒙塔古给予决定论定义的关键的论据，产生了依赖语言的概念。在证明的第二部分，使用了所给语言的基数性。在第一部分里，基本的是给定历史的公理性的描述。

了解为什么蒙塔古得出他的决定论的定义很重要。他提到了罗素的意图：如果有一个函数f，使得对于任何时刻t和t'，状态$s(t)$和$s(t')$有等式关系：

$$s(t')=f(S(t),t,t')$$。

那么一个系统（或其历史）就是完全决定论的了。

罗素本人指出，使用这一定义，每个历史都是决定论的，这样，某些条件显然要强加在函数f上。蒙塔古强加的条件涉及到用某一种语言根据理论描述f。我暂时的结论是：这并不是正确的条件，决定论的问题不要与语言因素联系起来。

三、撒普斯论作为定义的理论

柏特里克·撒普斯给科学哲学带来了这样的格言，它的方法应该是数学的，而不是元数学的。在第一节的各项术语中，撒普斯把握了一个理论形式化的唯一部分，就是那个理论的那一等级模式的定义。如果先给那套定理下定义，就能把这等级的模式（元数学地）定义为满足那些定理的这等级的结构。但是撒普斯提出，在大多数例子里，这是一个不必要的复杂过程，那一等级结构可用其他方法选择出，而用不着参考句法或句法定义的一套定理。

作为例子，我们可取一几何的简单系统G，仅关于入射角。作为句法，我们用第一级谓语语言，它具有同一性和谓语常数一度的P，L和二度的I，Px，Lx，Ixy分别读作x是一点，x是一条线。x位于y上。这理论G有三条公理：

A 1) $(x)(y)[Px \& Py \& x\neq y \cdot \supset(Ez)(Lz \& Ixz \& Iyz)]$。

A 2) $(x)(y)[Lx \& Ly\supset\cdot(Ez)(E\omega)(z\neq\omega \& Pz \& P\omega$

$\& Izx \; \& \; I\omega z \; \& \; Izy \; \& \; I\omega y) \supset x=y]$。

A 3) $(x)(Lx \supset)(Ez)(E\omega)\,(z \neq \omega \; \& \; Pz \; \& \; P\omega \; \& \; Izx \; \& \; I\omega x)$。

这些基本上是希尔伯特关于欧几里德几何的点和线的联系公理。根据初等逻辑，G的定理是对这些公理的结果。我们定义G—空间恰是G的模式，满足G的定理的结构。

这里以第一节中概括的方法，是完全形式化的理论，但G空间可直接定义如下：

定义：

一个G-空间是一个4重空间$S=\langle D, P, L, I\rangle$使得D是个非空集合，$P \subseteq D$，$L \subseteq D$，$I \subseteq D^2$而且，使得

1)如果x，y是P的性质截然不同的元素，那么，必然存在一个L的元素z，使得

$\{\langle x, z\rangle, \langle y, z\rangle\} \subseteq I$。

2)如果x是L的一个元素，那么P至有两个截然不同的元素y，z，使得

$\{\langle y, x\rangle, \langle z, x\rangle\} \subseteq I$。

这定义在数学英语中用短语描述，并不参照任何语言或理论，直接刻画了G的题材的特性：在一个G-空间里，两点决定唯一的一条线，每一条线至少有两点。

撒普斯为科学的理论的形式化提出第二步骤：使一个理论T形式化就是定义一个理论集合的谓语，如果你愿意的话，也定义这等级的T的模式。

这一观点很重要，不仅在于它牵涉到在科学哲学中使用形式的方法，而且在于它从总的方面展示了科学的理论的图景。从此观点出发，科学理论的基本作用是向我们提供用于描述各种经验现象的一系族的模式。一方面，这理论限定了它自身的题材，——实

现这理论的那种类系统，另一方面，持这种理论的人所作的经验断定有单一的形式，这些现象可用所提供的模式表示。

撒普斯的一般探讨的缺点是：它似乎表示了当代科学哲学许多中心问题的解脱。例如，从形式的观点来看，涉及相对论基础的因袭性的争论，取决于可定义性和可公理化性的问题——元数学的问题。再一个例子是：非事实的问题主要是关于科学语言的问题，这是撒普斯方法没有提出讨论过的题目。

为了避免腹背受敌，我现在将对理论的形式结构提出一个方法要点，它并不十分着重于句法或证明理论，而尽可能把焦点集中在与给定理论有关的某种语言结构。此法是埃弗特·贝思的著作首先倡议的。

四、状态-空间方法

象蒙塔古那样，我将集中精力描述物理系统现代发展的理论。象撒普斯那样，我将接受理论（的"纯粹"部分）限定此理论适用的那种系统；经验断定要采取已知经验系统属于这一种类的形式：（或更精确地说，这理论说明的任何一个数学结构都为经验系统提供一个适当的模式。）

要给一种物理系统下定义，首先，我们要说明所有可能的状态集合。形式地这样做，我们说明的是数学实体集合（数目、矢量、函数），用于表示这些状态。我们称这集合为状态空间，（这种类系统的）。作为例子，我们取三重实数集合作为气体的状态空间，只要它有温度t，体积V和压力P，这种气体准确地具有状态(t, v, p)。

一个物理理论通常论述一个大类，这个大类又分成若干子类，而每一子类说明一个状态空间。例如，在力学里，对一个对应于许多自由度的系统，我们用笛卡儿$2n$-空间作为状态空间（在此

叫相空间），n取值为所有的正整数。有两种说法，我们只能取其一种：力学是一个理论体系或者说力学是一系族简单理论的联合体，而每一简单理论都说明一个状态空间。以后我们将主要讨论说明单一状态空间的理论。

其次，这理论说明一系族的（可测量的）物理量，以这个状态空间表示。在古典力学里，一个物理量用状态空间里定义的实数或矢量值函数来表示。在此，看来有必要引进一个语言因素。如果句子U系统地陈述某结果的主题，某物理量在一定时间有一定值，这样，句子U就可恰切地被称之为一个基本陈述（为这个理论的）。U是否真的（是否由一特定的系统所满足）仅取决于那个系统的状态。这样，对每一基本陈述U，就有满足U的状态集合h（U）。这理论必须说明这个满足-函数h。

举一例，我们取三重实数表示一个古典质点沿一直线运动的状态，使得，这质点在时间t恰好在状态（m，x，v），如果在m时间t质点质量为m，位置为x，速度为v。那么，如果U陈述动能等于e，就有

$$h(U)=\{\langle m,\ x,\ v\rangle:\tfrac{1}{2}mv^2=e\}。$$

这公式定义了满足U的状态集合；如果已知系统处于h（U）范围内的状态，当U恰恰和已知系统联系时，U就是真的。

这套基本陈述，及其依据状态空间的解释一道形成了一种语言。我称它为基本语言，并提出基本语言为：在科学哲学里应用元数学方法的合适科目。必须强调，和一已知理论联系在一起的基本语言决不是那种理论可用之于公式化的语言。它是那种理论题材陈述可用之于公式化的语言。探索基本语言的结构是探索理论如何描述世界的方法之一。

依我看，以第一级语言作为演绎系统的理论图景，在某种意义上当然是正确的，但其使用范围极有限。它不是一幅直接针对

特殊物理理论固有特点而设计的图景。另一方面，把逻辑方法用于理论的基本陈述，不可能不密切注意到理论自身。本文我将放弃那个题目，转而描述状态随时间而变化。

五、状态的演变：孤立系统

一个物理系统的历史取决于它在每一时刻的状态的说明，即时间(实数连续统)到状态空间的映射。一个限定某种类物理系统的理论将通过它接续的定律说明那种类的成员的可能历史。历史是不是一个决定论的历史，在我看来，取决于它接续的定律，一种物理系统是不是一种决定论的系统要取决于它成员的历史。

在此，某些初步的区分是必要的。一个实际的经验系统是许多种类的一个成员——许多模式在许多方面以各种适合程度表示这一系统。一个个别系统是不是决定论的这个问题在我看来简直毫无意义。若提出一个问题，其前后关系将毫无疑问地说明了描述的述语，而且这个问题要与这样描述的所有系统联系起来。例如"约翰是一个决定论系统吗?"由于某些制约，回答约翰是个古典力学系统是不完满的。如果约翰从帝国大厦掉下，他将落下去。进一步的不完满回答是可能的，约翰是一个人类有机体，若他从帝国大厦掉下就会死去。所有这些很少牵涉到约翰自身的实际历史。这个问题似乎关系到约翰或许会有的可能历史，这些历史以力学系统，生物系统，心理学系统等等资格向约翰开放。

一个理论可能受到限制：它只容许单一个可能的历史。这个自身并不意指理论是决定论的。如果这个自身就意味着理论是决定论的，那么，前面的论述就会失效，因为可能定义一种系统，或许只用约翰的历史容纳系统。

进一步要考虑的是孤立系统和相互作用系统之间的区别。从

逻辑上讲，可能有的系统的孤立发展是完全被决定的，有的系统的相互作用行为是完全非决定的。在本节中，我只考虑孤立的行为。

作为一种决定论的定义的第一选择，我将从有关这专题最近的一篇文章改写决定论的学说的定义。（这仅仅是一方便的起点，我改写的评论根本无需考虑那篇文章）。这学说被描绘成要求：对每一物理状态，在它发生之前，都有一套条件，对那个状态的发生，这套条件是共同的充分的。我们的第一个问题就是根据一个特殊理论T，详细说明一状态空间H和可能的历史集合S（时间到状态空间H的映射），使之明确，从而定义这物理种类K。

由于这里谈论的是孤立系统，仅与同一系统的较早期状态有关。我提供这要求的两个异体：

（1）若S是K中（一系统的）某一历史，对每一时间t就有时间$t'<t$，使得对K中的每一历史S'，如果$S'(t')=S(t')$就有$S'(t)=S(t)$。

（2）若S是K中（一系统的）某一历史，对每一时间t就有一个时间t'，使得对K中的每一历史S'和每一时间t''，如果$S'(t'')=S(t')$，就有$S'(t''')=S(t)$，当$t'''\rangle t''$。

区别在于：在阐述(1)中，在特定的较早时间t'，无论什么状态都可决定t时的状态，而在阐述(2)中，在这种意义上说，在某一时间间隔之后，状态X总会接着较早的状态，因此，某一较早状态决定了在时刻t的状态X。（这可能有进一步的方法使得这要求更精确，这就是把(2)中的时间t''限制在t之前，并可能指定$t'''=t$。以下类似的陈述似乎适用于所有这些异体。）

不用这些阐述去定义一种决定论系统的概念，有许多原因。第一，当这理论尽可能只详细说明单一历史时，阐述(1)是满足的。第二，如果没有此理论详细说明的两种可能历史，具有共同的状态，阐述(1)是满足的；即，当

$S \neq S'$时，$S(t) \neq S'(t')$。

在阐述(2)的情形我们注意到：若K只有单一历史S（或：K中性质截然不同的历史没有共同状态），且K中的历史把时间一对一映射到H，那么，阐述(2)是满足的。另外，当K中两个性质截然不同的历史只以不同次序完全显示了相同的状态，或当K中两个系统以完全相同的途径（以同样次序、同样状态），但不同的速率发展时，阐述(2)也可能是满足的。对我来说，所有这些特点似乎是通过不接受这样的阐述去为孤立系统定义决定论而立论的。

从蒙塔古那儿得到启示，让我們言归正传。改写他的定义，我们断言：如果

（3）对K中的所有历史S，S'，所有时间t和所有实数m，若$S(t)=S'(t)$，则$S(t+m)=S'(t+m)$

这种K就是完全决定论的。

这似乎不够，因为看来，已知状态X发生的时间并不关系到这历史是被如何决定的。因此，我们把(3)修改为：

（4）对K中的所有历史S，S'，所有时间t和t'及所有实数m，若$S(t)=S'(t')$，则$S(t+m)=S'(t'+m)$。

公式(4)具有独特性，它等于说明一些历史和另一些历史无关：

（4′）对每一实数m，就有H中U_m到H的映射，使得对K中的任何历史S，以及任何时间t，$S(t+m)=U_mS(t)$。函数族$\{U_m\}$具有如下性质：

$$(5)\ U_0(X)=X,$$

$$U_{m+n}(X)=U_m(U_n(X))。$$

这样，若数m仅限于正数范围内（"未来的决定论"），则族$\{U_m\}$是H的变换半群。若数m无此限制（"时间对称"或"可逆性"或"双决定论"），则族$\{U_m\}$就是一群，它以U_0作为恒等元，以U_{-m}作为U_m的逆元。

现在，我们实质上已着手与物理学基础的研究建立联系。引用有代表性的一段：

状态为$Ut_2(s)$之后，$Ut_1(Ut_2(s))$是状态t_1时间单位，状态为s之后，$Ut_2(s)$是状态t_2时间单位。因此，状态为s之后，$Ut_1(Ut_2(s))$是状态t_1+t_2时间单位，即$Ut_1+t_2(s)$……所以，一物理系统的时间变化用一单参量半群描述。我们称它为这一系统的动力学半群。

我们将采用动力学半群和动力学群这些术语。必须注意如（4）或等效的（4′）被用作定义"K是一决定论的种类"，那么，决定论就含有蒙塔古意义下的周期性。

依我看，只有一个不同的进一步的意见，要求进一步校正决定论的定义。这个意见涉及到选择计算时间方法的可能性。我们一直认为：在一孤立决定论系统里，状态X在间隔Δ之后就出现特殊状态$U_\Delta(X)$。更一般地，相同状态在相等时间间隔后出现相同的状态。但什么算是一个相等的时间间隔呢？这个问题的答案是极为平常的。另外，在物理里，必须考虑选择的时间计算方法；我们将举两个例子。第一个例子：E. A. Milne假定：天文钟定义的时间τ与原子钟定义的时间t线性无关，即，等式($t>0$)：

（6）$\tau=t_0\ \log(t/t_0)+t_0$

常数t_0是可适当选择的。t-标度的动力学（半）群的存在，是十分复杂的，现在将排除τ-标度的动力学（半）群的存在（只要状态以同样的方法刻画特性）。这是因为导数$d\tau/dt$不是常数，依照某一时间标度的常数率的作用就不含有依照其他标度的常数率。第二个例子：以狭义相对论去考虑系统S的状态X和这些状态在不同的惯性构架F和F'的时间坐标。令$t(X)$，$x_i(X)$为X在F里的时间和空间坐标，v为F'在F里的速度；着眼于x_2，x_3的坐标，令这速度为零。则X在F'中的时间坐标$t'(X)$可以求得：

$$（7）\ t'(X)=\frac{t(X)-x_1(X)(v^2/c^2)}{\sqrt{1-(v^2/c^2)}}$$

是与关于惯性构架的罗伦子变换的一个结果。这样，除了当dx_1/dt是常数以外，导数dt'/dt不是常数。

于是，我们知道了必须考虑到，在一些状态下，时间间隔值（依据通常度量）不是不变量，对这些状态的时间坐标，我们要再赋值。例如，这样说就不明智：已知的种类是不是决定论取决于我们计算时间是用原子钟还是天文钟，用地球上的钟还是宇宙飞船上的钟；实实在在是否用任何其他合适的计算时间的方法。

所以，我想我们该说的是：如果K以某种容纳的时间尺度而具有动力学的（半）群，那么，它就恰恰是决定论的一种类（孤立系统的）。我们认为由一个连续的同构联系起（到）我们时间尺度的任何时间尺度都是可容纳的。（注意：在方程（6）中，$t\rightarrow\tau$的映射并非在实数连续统之上。）在我们这两个例子中，要求有关系统状态的选择时间坐标的函数（我们假定对于方程（7），$x_1[X]$是t的一个连续函数）。对连续同构的限制是要保证只有度量的而不是拓扑的时间特点，才是谈论的条件。

我们还要注意，我们所指的种类是相当狭窄的。如果一个理论对一个系统概念化地说明动力学群（比方说，是能量函数，坐标函数，压力函数），那么，用我们现在的术语说，这些系统就形成一个决定论种类的族。但在那种情况下，把這概念的范围放宽，以致把这一族的联合体也叫做一种决定论，当然是有道理的。

在这一点上，有两个主要问题未解决。第一个问题涉及到在相互作用期间决定论的行为的特征。第二个问题涉及一个观[illegible]基于这个观念，统计理论可能是决定论的或限定各体系的[illegible]种类。在研究这些问题之前，最好扯开一点先接触一下作为一个有关物理世界的学说的决定论。以我们的术语作最明白的说明就

是这一学说主张每一实际的经验系统都属于一种决定论的种类。这主张似乎既真实又无价值，除非我们把它与某种"自然"的理论结合起来。因为如果任何可能的物理理论都限定一种类（即，如果每一等级结构计作一种类，而这结构恰恰就是某一公式化理论的模式等级），那么，每一系统似乎就属于一种决定论的种类。因为考虑这个无价值的理论，它仅涉及状态X、Y和限定动力学群，X具有非零质量，Y具有有零质量，而动力学群则有恒等变换作为唯一元素。那么，如果从零质量转变成非零质量，或者反之，的确是不可能时，则每一系统都是那理论的一个模式。

要解决这个基本问题，需要对状态的特性引进某些旁证。我们可以修改学说的公式：每一实际的经验系统，在其各种状态的任何特性下（有关任意已知的物理量），属于一种决定论的种类。这是含糊不清的，它取决于是否把已知的特性当作是完全的。如果我们在摆的情形下，指定摆锤的位置作为唯一的物理量，并将它作为状态的完全说明，那么，就不可能为它找到动力学半群。但我们大概能说：进一步引进一些物理参数就能确定一个动力学半群，这样，这系统就是决定论的。在如此解释之下，决定论的论题便变成一种"隐蔽可变的"主张：对于实际的经验系统，在一个逻辑空间里的非决定论的演变总是在一个更丰富的状态空间里的决定论的演变的一种反映。但这样的主张没有意思，除非我们有准则去将声学物理理论与思辨的形而上学区分开来。我不是说，在科学哲学里有任何实质的问题，我们对它需要有完全的、总的和无可争辩的说明，它明辨物理理论角色的候选人和纯理论的形而上学。我只是说，我们需要这样的说明，给决定论的论题[illegible]感兴趣的内容。对于我，使主题夺去论题的几乎所有的兴趣，已经够了，虽然，我承认：这或许是一个气质的问题。

六、相互作用系统的演变

以我狭义的“种类”观念看，实际的物理理论关系到各种类物理系统的族。例如：某一特殊种类的力学系统有n个成分，如状态空间(相空间)、笛卡儿$6n$空间和某一哈密顿函数H，它决定其动力学（半）群。那一种类的各成员差异在于：在已知的时刻，它们在相空间里的位置不同。但力学与任一种类都有关；它不因它独自的注意而选出一些数目n和一些哈密顿函数H。

现在，系统X和Y可能被看作是复杂系统$X+Y$的部分，如果X、Y是种类K_1和K_2的成员，那么$X+Y$就一般属于性质不同的种类K_3。例如，在力学中，$X+Y$的成分数比X或Y哪一个的数都大，所以，$X+Y$的相空间比X或Y具有更多的维数。

我们现在并没有假定我们涉及到的系统是孤立的和决定论的。孤立系统和决定论系统都有独自的特点：在$t+\Delta$的状态是状态在t时的函数，又是Δ的函数，而不是t的函数。的确，在这种情形下，函数并不包含在t和Δ时状态以外的参数；这就是“孤立”这个术语的含义。如果一个系统不是孤立的，又如果有一套参数x_1，……x_n，使得存在一动力学半群，它是那些参数的函数，

$$\{U_{\Delta}^{x_1}, \cdots\cdots, X_n\}。$$

我们就可以称这系统为决定论的。

将系统X和Y看成系统$X+Y$的成分，最明显的情形就是X具有动力学（半）群，

$$\{U_{\Delta}^{x_1}, \cdots\cdots, x_n\}$$

以及x_1，……，x_n中的一些参数是Y的状态函数。那么，希望$X+Y$的演变将是决定论的，而且比X或Y哪一个的演变依赖更少的

参数——也许没有。

现在，我们将假定系统X，Y和$X+Y$具有状态空间H_1，H_2，H_3和动力学半群，

$\{U_\Delta^y\}$，$\{V_\Delta^x\}$，$\{W_\Delta\}$，Y在H_2里，X在H_1里，并考虑它们之间的关系。

首先，一方面，H_1和H_2之间有什么关系？另一方面，H_3呢？在已知时刻t，X在H_1里有状态$s_1(t)$，Y在H_2里有状态$s_2(t)$，以及$X+Y$在H_3里有状态$s_3(t)$。无论归因于$X+Y$的$s_3(t)$的属性包含什么，至少，它必须与归因于X的$s_1(t)$的属性和归因于Y的$s_2(t)$的属性包含同样多的信息。但反过来则不一定：归因于$X+Y$的$s_3(t)$的属性可能指X状态和Y状态之间的不可从$s_1(t)$和$s_2(t)$的属性推断出的某种关系。这里提供一些由数量和形式表示的普通的例子：$(\exists z)(Rxz \ \& \ Ryz)$意思是$(\exists z)(Rxz)\&(\exists z)(Ryz)$，$Rxz$意思是$(\exists x)Rzz \ \& \ (\exists z)Rzy$，$\Diamond(Fx \ \& \ Fy)$意思是$\Diamond Fx$和$\Diamond Fy$。但是反过来，它们并不包含这样的意思。另一个是几率性的例子：空间S_1和S_2上的几率度量可以以许多方法扩展$S_1\times S_2$上的几率度量。以古典力学作范例，这些例子看来可能有点不恰当，但不能不考虑它们理论上的可能性。

于是，我们得出一个结论：对于H_1里的每一状态x，H_3里存在一个状态集S_x，使得如果$X+Y$在S_x里有一状态，那么X就有状态x。此外，我们假设H_3里每一状态z属于某集S_x（同样，H_2里每一状态y属于某集S_y）。现在，从$X+Y$的连续，我们推论出X的连续定律：设x是X在t时的状态，对S_x中的每个z_i，考虑$W_\Delta(z_i)$。比方说，$W_\Delta(z_i)$是在S_{xi}里。那么，显然X在$t+\Delta$时的状态是x_i中的一个状态。这不是决定论的连续定律。然而，我们开始假设了X有一个依赖于Y的状态的动力学半群。这里就

保证了：如果我们假定对于H_1中的每一个x和H_2中的每一个y，H_1中都有一个x'，使得对于$S_x \cap S_y$中的任何z，$W_\Delta(z)$是在S_x'中。那么，动力学算子U^y被定义为$U^y(x)=x'$。

必须强调，在这个例子中，我作了一些没有提供一般的证明的假设。在下一章末尾，我将简要地回过头来再谈。

七、统计理论

几率进入当代物理理论看来有两个主要途径。各种各样的作者对此已采用诸如可约几率和不可约几率之类的术语。这就提出了在确有决定论基础的统计理论和不能给予决定论基础的统计理论两者之间存在区别。如果这个提议的意思成立的话，那么，我想可以作出更大的区别；但可能这提议不过是不如意术语中的意外。

首先，我们考虑一种简单的非决定理论：它指定一个状态空间H，对于时间间隔Δ和状态x，它指定一个子集$H(x, \Delta)$。其连续定律是这样的：若在t时的状态是x，那么在$t+\Delta$时的状态就在$H(x, \Delta)$里。对每一时间间隔Δ，通过指明这个函数集，把状态x当作在$H(x, \Delta)$中的状态，我们就得到一个双参数半群$\{U_\Delta^i\}$，使得如果在t时的状态是x，则对于某一指数i，在$t+\Delta$时的状态将为$U_\Delta^i(x)$。现在变量i并不表示一个可说明的物理参数；它只简单地涉及某个指数集。在物理可能转变和算子半群之间的联系比决定论和这种半群之间的联系要密切得多。

试图改善这个理论的明显途径是把几率分配给每一个算子U^i，如果$p(i,\Delta)$。于是，（统计的）连续定律采用以下形式：

（L）如果在t时的状态为x，那么，在$t+\Delta$时的状态是$U_\Delta^i(x)$的几率等于$p(i, \Delta)$。

现在一起抛弃非决定论的、非统计的理论，以支持决定论的、统计的理论，就会充分给予方便。我们形成一个新状态空间H^*，其成员是在H上的分布，即对H的成分的几率分配。(H^*的一个成员d是一个映象，其定义域是H的子集的波莱尔场，其值域是$[0,1]$。使得若$M \subseteq M'$，$d(H)=1$，则$d(M) \subseteq d(M')$，当d对两者都定义，而且，它是非连贯理论的σ-加法。)一个系统有在H^*中的状态d意思是：对于H的任一子集M，d对H定义，几率是$d(M)$，以致系统有在M中的状态。现在，我们试图指明在H^*上的一个动力学半群$\{U_\Delta\}$，使之意指以上的(L)。这个条件较为明确：对于越过间隔Δ的转变，已知最初状态x，最后状态$x' = U_\Delta^i(x)$的条件几率等于$p(i, \Delta)$。所以，当d对$\{X\}$定义，我们应有$U_\Delta d(\{X^i\}) = p(i, \Delta) d(\{X\})$。更一般地说，令$M_\Delta^i = U_\Delta^i(x): x \in M$，则无论$d$什么时候对$M$定义，都应有$U_\Delta^i\ d(M_\Delta^i = p(i, \Delta) d(M))$。

必须看到，无论经典力学还是量子力学，从"通常"状态重新转向注意分布是统计力学的特色。所以，我们在此以完全古典的方式引入几率，只是我们没有假定作为基础的理论是决定论的。(即U_Δ^i中的变数i涉及到一个可能有一个以上成员的指数集。)那么，分布的使用显然适合几率的概念，至于认为有一个作为基础的决定论的，非统计的理论的主张，分布并无此意，但也非与之不一致。

将几率列进物理理论的第二个途径确实表示了与古典概念的根本背离。要解释这一点，我们要看看状态与物理量之间的关系。从古典的角度来看，是每一个都决定另一个；一个物理参数是用一个状态空间上的实数值函数或矢量值函数来表示，而且，有这样一个有限参数集，使得假如其值被指明，状态就唯一地被决定了。我们现在必须把它推广到这种情况：一个物理参数并不在每一状态下都有一个值。这种情况在量子力学里存在：对一个物理

量m，有一个在状态ψ上的算子M，当$M\psi=r\psi$时，m在ψ中的值就是r；但$M\psi$可能根本就不是ψ的倍数。

如果在状态x中，物理量m的值为r，x就叫做m的一个本征态，r叫相应的本征值。在基础量子力学里，当物理量m的值与不是那个量的本征态的状态有关时，我们就找到几率。对于每一状态ψ和物理量m，我们得到一个几率分配P^{ψ}_{m}，其断定是：如果对状态ψ里的一个系统作一个合适的度量（m-），则在波莱尔集E里找到一个值的几率就等于$P^{\psi}_{m}(E)$。

这个映象P^{ψ}_{m}不是在状态空间上的分布；它们不是对状态集定义，而是对参数m的值集定义。让我们继续理论上的讨论，并仅取状态ψ作状态空间H的元素，H由一个特殊理论给出。它还为不同的子种类限定一个动力学半群$\{U_{\Delta}\}$，或一族这样的空间和半群。和这个理论相关，现在，我们将简要地讨论一下前段引入的度量的概念。

在一个系统X上的度量包括X和另一个系统，即测量仪器Y的相互作用。如果X是在状态ψ中，一个合适的度量就会在E中以几率p提供一个值，假定$P^{\psi}_{m}(E)=p$断定这命题就要根据这种相互作用说明。要说明须以这形式：若Y是一个合适的仪器，而X在相互作用中有最初状态ψ，则Y以几率p“显示”一个值V_{E}。

大概，Y显示一个值V_{E}是指与某个Y有关的物理参数m'具有一定值r'。因此，以倒数第二句为条件的结果就是要解释为：某种形式的方式：Y是在状态ϕ中，而且，当Y是在ϕ中时，m'在值r'的几率等于p。但是，要注意：既然苦心迂回陈述，就不可能意味着$P^{\phi}_{m'}$，（$\{r'\}$）$=p$。因为几率的这个第二种用途，通过函数P^{ψ}_{m}，引入就要通过某种并非它本身的东西去解释（若要解释清楚的话）。所以我们唯一的依赖就是几率的第一种用途。

因此，作为第二种设想，我们提供如下解释：Y以几率p显

示值V_R乃意味着Y的最终状态是一个分布d，使得d把p分配到对应于本征值r'的m'的本征态集。

在这相互作用期间，覆盖在度量仪器中状态转变的定律似乎并不是决定论的。但要记住，我们曾假定过讨论中的理论是决定论的（仅在状态和参数之间的关系上才是统计的，而非在孤立系统的暂时演变）。在此例子中，没有理由假定：要么Y是一个非决定论的系统，要么复杂系统$X+Y$不是某种孤立的系统。于是，好象就与前面一节对复杂系统的讨论不符了。

那么，要加强这个讨论，我们可假定系统X，Y和$X+Y$具有状态H_1，H_2和H_3，$X+Y$的最初状态是在$S_{x1}\cap S_{y1}$中的Z_1，$X+Y$的最终状态是$W_\Delta(z_1)=z$。若H_3的每个元素z属于某个集S_y，对于Y最终显示什么值都没有几率：Y结束在状态y中，使得$z\in S_y$，那就是它的全部：可通过系统及仪器的最初状态计算出度量的结果。

因此，我们只须放弃假定，把一个状态归结到$X+Y$意味着把特殊状态归结到X和Y。我们可减弱为：$X+Y$具有状态z需要X和Y是在分配$d_1(z)$和$d_2(z)$中（被看作统计状态，如上说明：在H_1*和H_2*中的状态）。

在这理论性的讨论中，我们事实上已研究了涉及量子力学度量问题的一些主要的建议。千万不要认为这就解决了问题，只是在这个讨论中，我们碰到许多概念上的几率，这些几率有意义地进入那个问题：不通过分配的使用而引进几率，不决定（统计意义除外），也不为其组成成分的状态所决定的复杂系统的状态，以及其状态决定论地发展而其组成成分的状态不是决定论地发展的复杂系统。我希望这会在第二部分谈到较低层次时有所帮助。

戈　宁　译

吴大基　校

进化论的结构：一种语义学方法*

P.Thompson

进化论是大多数现代生物学理论的核心和基础，它将生物学现象系统化，并予以说明和预见。虽有此重要性，进化论从一开始就成了大量争议的主题。最为突出的反对意见来自宗教方面。尽管一再地暴露出其误解和推理上的谬误，但不幸的是，它们还是受到公众们相当的注意。例如，现在有一种"科学创化论"①，除了被显然不适宜地称为科学的以外，它与以往的创化论观点几无可分辨之处。然而，(也存在着一些对进化论有意义的批评。例如，有人论证，进化论没有定律，其首要原则(即，自然选择)是同语反复，进化论是不可公理化的②。如果此类主张正确的话，即为逻辑经验主义拒斥进化论为真正科学理论的根据，因为按照逻辑经验主义的分析，理论是一种由对应规则赋予部分解释的公理结构③

---

* 译自Stud.Hist.Phil.Sci.〔《科学史与科学哲学研究》〕，Vol.14，No.3，pp.215—229，1983——译注

① 见H.A.Morris编，*Scientific Creationism*〔《科学创化论》〕San Diego：Creation-Life，1974。

② 见J.J.C.Smart编，*Philosophy and Scientific Realism*〔《哲学与科学实在论》〕，London：Routledge and Kegan Paul，1963；K.R.Popper，"Darwinism as a Metaphysical Research Programme"〔"作为一种形而上学研究纲领的达尔文学说"〕，载P.A.Schipp编，The Philosophy of Karl Popper〔《Karl Popper的哲学》〕，La Salle：Open Court，1974。

③ 见F.Suppe，*The Structure of Scientific Theories*〔《科学理论的结构》〕，第二版，Chicago：University of Chicago Press，1977。

此后我将称这种观点为"公认观点"。

一些人试图捍卫进化论，把它作为真正的科学理论。对如上的批评，他们分别以两种策略做出了反应。一方面，有些哲学家接受部分或全部的如上主张为真，但驳斥了那种以此为据而否定进化论为科学理论的所谓公认观点的适当性。例如，Thomas Goudge① 很坦然地论辩道，进化论不可公理化，但仍为真正的科学理论。Goudge的立场似乎是，因为进化论不能被公理化，而公认观点则要求理论为公理化演绎结构，那么公认观点就不完全正确。也就是说，进化论是公认观点的一个反例。Goudge 观点的弱点在于，它不能对理论结构提供一种合适的替换分析②。在另一方面，一些哲学家接受了公认观点，而论证上述主张为假。Michael Ruse③，Michael Simon，④和Morton Beckner⑤都对上述的部分或全部主张作了反驳。⑥

① T.A.Goudge, *The Ascent of Life* [《生命溯源》]Toronto: University of Toronto Press, 1961。

② 应公正地看到，Goudge 对进化论的解释并不需要对理论进化替换分析。他的中心论点是，进化论太不完备而不能公理化；它还处于不断消长的状态，因而不能形式化；否则，会"冻结"这个理论，"导致严重的错误表征"。（前引，p.16）。由于这些理由，他似乎认为，任何进化论形式化的企图都是不成熟的，因为如此会"冻结"这一理论。

③ M.Ruse,"Are There Laws in Biology?"("生物学中有定律有?")，载 *Australasian Journal of Philosophy* [《澳大利亚哲学杂志》] 48卷，1970，234—46；M.Ruse, *The Philosophy of Biology*[《生物学哲学》]，London: Hutchinson University Press, 1974。

④ M.Simon, *The Matter of Life*[《生命问题》]，New Hawen: Yale-University Press, 1971。

⑤ M.Beckner, *The Biological Way of Thought*[《生物学思维方式》]，Los Angeles: University of California Press, 1968。

⑥ David Hull 在其杰出著作*Philosophy of Biological Science*[《生物科学哲学》](Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974）中，也反驳了上述主张。但他不同于Ruse、Simon和Beckner，似乎不认可逻辑经验主义。

尽管这些反应明显地深化了我们对进化论的理解，但如Kenneth Schaffner所指出的，①它们似乎是在孤立于一般科学哲学主要变化的情况下出现的。生物哲学家们对进化论的新近讨论假定了公认观点。但由于Norwood Hanson，② Karl Popper，③ Hilary Putnam，④ Patrick Suppes，⑤Frecrick Suppe⑥等人的批评，在最近的20年中，哲学家们接受公认观点的意向已经戏剧性地减退了。Suppe很好地描述了这段历史，他就各种批评以及对这些批评的反击作了详尽的讨论。公认观点的衰退伴随了对科学理论结构的替代性解释的发展。

现在我们需要对进化论结构进行现代方式的讨论。将近来发展出的对科学理论的解释应用于进化论，就是一种有成效的讨论方式。为达此目的，本文将应用一种称为“语义学观点”的对科

---

① K.Schaffner, "Theory Structure in the Biomedical Sciences", ["生物学和医学科学中的理论结构"]载 *The Journal of Medicine and Philosophy*[《医学与哲学杂志》]，第5卷，p.58，1980.

② N R.Hanson, *Patterns of Discovery*[《发现的模型》], Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

③ K.Popper, *The Logic of Scientific Discovery*[《科学发现的逻辑》], New York: The Free Press, 1959.

④ H.Putnam, "What Theories are Not", ["理论不是什么?"]，载A.Tarski编，*Logic, Methodology and Philosophy of Science*[《逻辑，方法论与科学哲学》]，Stanford: Stantord University Press, 1962.

⑤ P.Suppes, *Introduction to Logic* [《逻辑学导论》]，Princeton: Van Nostrand, 1957; P.Suppes, "What is a Suentific Theory?" ["什么是科学理论?"]，载S.Morgenbesser编，*Philosophy of Science Today*[《今日科学哲学》]New York: Basic Books, 1967.

⑥ F.Suppe, "What's Wrong with the Received on the Structure of Scientific Theories?" ["关于科学理论结构的公认观点错在哪儿？"]，载 *Philosophy of Science*[《科学哲学》]30卷，1—19，1972.

学理论的替代性解释。Patrick Suppes,Bao van Fraassen,① Fredrick Supp,②Joseph Sneed,③和Wolfgang Stegmüller,④发展了这种分析的各种形式。近来Ronald Giere在其科学哲学入门教程中介绍了一种非常简单的形式。⑤本文中，我要按照van Fraassen发展的语义学观点⑥刻画进化论。并且还将论证，较之公认观点的解释，对进化论的这一语义学解释更忠实于进

---

① B.C.van Fraassen, "On the Extension of Beth's Semantico of Physical Theories" ["论对Beth物理学理论语义学的扩展"], 载*Philosophy of Science*[《科学哲学》]37卷, 325—39, 1970; B.C. Van Fraassen, Approach to the Philopsohy of Science ["科学哲学探究"], 载R.E.Colodny编, *Paradigms and Paradoxes*[《范式与悖论》]; B.C.van Fraassen, *The Scientific Image*[《科学偶像》], New York: Oxford University Press, 1980

② F.Suppe, "The Meaning and Use of Models in Mathematics and the Exact Sciene: A Study in the Structure of Exact Scientific Theories" ["模型在数学和精密科学中的意义与应用: 精密科学理论结构的研究"], 博士学位论文, University of Michigan, 1967; Suppe, 前文注⑤所引, F. Suppe,"Theoretical Laws"[«理论定律]», 载M.Przelecki等编*Formal Methods in the methodology of Empirical Science*[《经验科学方法论中的形式方法》], Dordrecht: D. Reidel, 1976, pp.247—76; Suppe, 前文注③所引, 221—30.

③ J.D.Sneed, *The Logical Structure of Mathematicod Pnysics*[《数学物理的逻辑结构》], Dordrecht: D.Reidel, 1971.

④ W.Stegmüller, *The Structure and Dynamics of Theaaries*[《理论的结构与动力学》], New York: Springer, 1976; W.Stegmüller, *The Structuralist View of Theorier*[《结构主义理论观》], Berlin: Springer, 1979.

⑤ R.Giere,*Understanding Scientific Reasoning*[«科学推理的理解»], New Yo-k: Holt, Rinahart and Winston, 1979.

⑥ 对理论结构的语义学解释大致可分为两类: 集合论研究与状态空间研究。Suppes,Sneed和Stegmüller采用集合论研究,而Suppe和Van Fraassen进行状态空间研究。尽管Suppe和van Fraassen都作状态空间研究，但在科学实在论与经验论的争论上有分歧，这就影响到他们各自关于理论结构和现象之间的表征关系的观点。Suppe持实在论观点，而Van Fraassen则

(接下页注)

化生物学中基础研究的实际。

John Beatty新近论证了此种进化论解释的一些观点①。但Beatty并没有提供一种对进化论的语义学解释，因为他的目的只是要求作出对语义学观点某些方面的非常一般性的勾画。而且在我看来，他偏好语义学解释的主要理由（即，语义学观点不要求普遍的经验定律）也不是对这种解释的最有力的支持。可以指出，较之公认观点的解释来说，语义学解释更忠实于进化生物学的实际基础研究，这是对它的更为有力的支持。

一

Van Fraassen将自己关于物理学理论的工作视为对Beth物理学理论语义学分析的一种扩展。他的扩展包括，以其自己的半解释语言理论为Beth的语义学分析提供一个框架。②在Van Fraassen看来，Beth的"语义学分析较之公理和句法分析是对物理

（接上页注）
站在他所谓构造经验论的立场上。另外，sneed，Stegmüller和Suppes都进行集合论研究，但Sneed和Stegmüller不同于Suppes——也不同于Van Fraassen和Suppe——他们对提供标示理论的标准感兴趣，并乐于采用Kuhn关于常规与革命科学的观点，提出一种理论观。Suppes，Suppe，和van Fraassen则不为这些所动。还有，Sneed和Stegmüller的解释在某种意义上似乎是新实证论的，Suppes，Suppe和Van Fraassen则否。（对这一差别的评述，见F.Suppe "Theory Structure"［"理论结构"］，载P.D.Asguith和H.E.Kyburg，Tr.编Current Research in Philosophy of Science，［《科学哲学的新近研究》］。1979 p.322

① J.Beatty，"Optimal-design Modlels and the Strategy of Model Building in Evolutionary Biology"［"最佳设计模型与进化生物学中建立模型的策略"］，载Philosophy of Science［《科学哲学》］47卷，1980，532—61；J.Beatty，What's Wrong With the Received View of Evolutionary Theory?"［"关于进化论的公认观点错在哪儿?"］，载P.D.Asquith和R.N.Giere编PSA1980，Vol.2.1981.

② B.C.van Fraassen，"Meaning Relutons Among Predicates"［"谓词的意义关系"］，载Nous［《理性》］3卷，155—67，1969.

学理论结构的更为深入的分析；后一种分析将物理学理论描述为以一组对应规则给出（部分）解释的一种符号演算"。① 他还认为，Beth的刻画"比部分解释公理理论的熟知图画更忠实于科学基础研究的现代实践。"② 他曾试图通过讨论物理学案例来辩护这些观点。而我在下面几节中要作的尝试则是以对进化生物学的讨论来支持他的观点。然而我首先要略述一下Van Fraassen对物理学理论进行语义学分析的框架。

在一般框架问题上，Van Fraassen遵循着Suppes的表述：理论的形式化是该理论的模型的类的一个定义。所有的经验判定都采取陈述形式，因而一个特殊的经验系统就是一个用此理论定义的类。这种研究方式并不否认，在原则上可以将理论形式化为一个公理演绎结构。实际上，理论模型的类可以定义为某些结构，它们满足一种公理演绎形式化的诸定理。它所否认的则是公理，演绎形式化的恰当性。Suppes和Van Fraassen都认为，科学理论的基本任务是"向我们提供一组模型，用来表征经验现象。"③ 所以，以元数学的方法将模型的类定义为满足公理、演绎结构诸定理的各种结构，这对于理论的任务来讲是不必要的。而且，从形式的观点上看，这也不必要；因为可以直接定义模型的类，而毋须诉诸句法上定义的定理。

尽管Van Fraassen赞同Suppes对理论的一般性刻画，他却对理论定义它所适用的一类物理系统的方式。作出了不同的解释④。他声称这一解释出自于Beth。他的贡献则在于将自己的半解

① Van Fraassen, "On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories"（注⑱所引）。

② 前引。

③ Van Fraassen, "A Formal Approach to Philosophy of Science"（注⑱所引），p.310。

④ 如上述（见注㉘），Suppes遵循Tarski，采用集合论结构研究，而Van Fraassen遵循Weyl和Beth，进行状态空间研究。

释语言的理论应用于Beth的语义学研究。

一般地讲，Van Fraassen的研究包含着借助于谓词间意义关系对理论的形式化。表征谓词间意义关系的方式类似于以venn图表征外延关系。Venn图涉及到选择某个集合S和将S的一部分赋与每一个谓词f的函数f。相似地，也可以用逻辑空间T和映射函数g来刻画内函关系，其中g将每个谓词F映射到T中（即，将T的一个部分赋与每一个谓词F)。一个对Van Fraassen合适的例子是：函数g通过把某线段的部分指派给谓词“是红的”，将它映射到该线段之上。在这种情形下，线段即为色谱的逻辑空间。相类似地，谓词“是猩红的”也可由g映射在此线段上，在此逻辑空间中可对这些谓词作如下的表征：这里，点b到c表征谓词“是猩红的”，点a到d表征谓词“是红的”。此时，谓词“是猩红的”的内涵包容于谓词“是红的”的内涵之中。另一方面，谓词“是绿的”和“是红的”在内涵上是相互排斥的。对语言的逻辑空间和解释函数的阐述，为未加解释的人工语言提供了一种半解释。所以，构造一个可表征内涵关系的半解释的语言，便会阐明三件事情①：

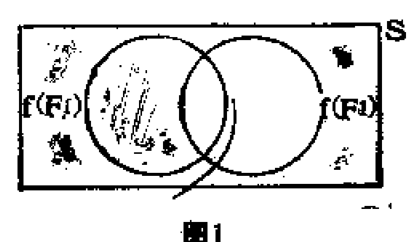


图1

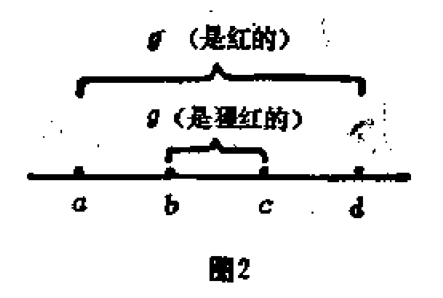


图2

1. 某语言的句法：其词汇和语法。

2. 该语言的逻辑空间——一个集合——和一个解释函数。

---

① Van Fraassen, "Meaning Relation among Predicates" p. 173.

3.该语言的各种模型。

Van Fraassen的论点是：

在自然语言和科学语言的语词之间，存在着不仅仅是外延关系的意义关系。如果自然语言某特殊部分适合于在科学语言中起一种技术性作用。那是因为其意义结构特别适合于起到这一作用，并为一模型（总是一种数学结构，往往是某一数学空间）所表征。于是这一语言游戏就能自然地形式重建为一种人工语言，其语义学研究诉诸于上述数学结构（称为半解释的语言……）。①

换言之，对Van Fraassen来说，理论包含对半解释语言的阐述；相应地，对半解释语言结构的考察是考察一个理论对世界所述的一种方式。以半解释语言形式化表述一个物理学理论需要阐明以下几点②：

1.以此理论定义的物理系统的状态空间（即逻辑空间）。

2.一组可测量的物理量和关于系统的一组基本陈述，如此，在特定时间上每一陈述都指派给可测量物理量一个值。

3.通过指派状态空间的某区域给基本陈述，而连结状态空间和基本陈述的满足函数。

对一状态空间的阐述涉及到阐明某特定的拓扑结构。例如，经典粒子可当成笛卡尔六维空间，③其中的点表征粒子的位置和动量。可测量物理量值组刻画这一物理系统，它们自身也能用状态

---

① Van Fraassen, "On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories", p.327.

② 上引，pp.328—9；又见"A *Formal Approach to the* philosophy of Scienll", pp.311-12.

③ 虽然van Fraassen曾在多处称经典空间为"欧几里得"空间，但他现在相信，称为"笛卡尔"空间则更为正确，"因为，现在欧几里得空间常常有度量的含义，而在这里[经典相空间]则没有这层意思"（私下谈话，1981)。

空间表征。给可测物理量赋值的陈述（即一基本陈述）将由一个满足函数映射到状态空间之中，这样，映射就在满足陈述的状态空间中定义了状态的集合。例如，如果一基本陈述U指派值r给一经典粒子位置的y组分，那么U所定义的关于此系统的状态的集合就会是笛卡尔五维空间中的点，此空间是笛卡尔六维空间的子集，后者中的各点表征了理论的状态空间。

我们可以就一个如此构想的理论和一普遍的半解释语言提供关于真理、有效性和语义蕴涵的定义。如X果是某理论定义的一个系统，并存在函数"loc"将状态空间T中一位置指派给X，则该理论的一个模型就是序偶$\langle loc, X\rangle$。即，理论模型向理论定义的系统指派理论状态空间中的位置。有如此刻画模型，我们可得真理的如下定义：

> 基本陈述U在模型M中为真，当且仅当，X在状态空间中由"loc"函数所指派的位置从属于满足函数所定义的状态集合，后者将基本陈述映射到状态空间中。

有效和语义蕴涵的定义如下：

> 一基本陈述在某理论中有效，当且仅当，它在该理论之每一模型中为真。
>
> 作为基本陈述集合子集的集合Y，在语义学上蕴涵一基本陈述U，当且仅当，在其中Y之每一元素为真的理论各个模型里，U为真。

在转向根据这种理论观讨论进化论及其形式结构之前，简要地重述一下Van Fraassen的观点也许是有益的。Van Fraassen坚决主张，自然语言的某些特定部分在科学语言中适合于起某种技术性作用，是因为其意义结构特别地适合于这种作用。所以，意义关系是物理学理论形式结连中的一个重要部分。

意义结构可形式地重建为半解释人工语言。构造半解释语言

包括详细说明一个状态空间，一些可测物理量和一个满足函数，后者在状态空间中定义那些满足于向可测物理量赋值的基本陈述的状态的集合。半解释语言即理论的语言，其意义结构根据状态空间给定。照此分析，物理学定律的作用为：在状态空间中选择物理上可能的状态集合（为共存定律），或在状态空间中选择物理上可能的轨道（为相继他定律），或者，选择由理论定义的一些系统与其他系统之间相互作用所产生的物理上可能的结果（为相互作用定律）①。

二

现代综合进化论的动力学基础是种群遗传学。的确，进化包含种群基因型的变化，而种群遗传学又是对此变化的研究，所以种群遗传学是进化论的核心。更何况事实上，在进化观点所关心的范围内，种群表现型的变化是种群基因型变化的一个函数。许多生物学家照此以遗传学术语定义进化。例如，Dobzhansky 主张，"进化是种群遗传组成的一种变化。"② 尽管Richard Lewontin③ 对如此定义进化的方式提出了反对意见——我在本节末再回头来讨论这些意见——但对遗传学特征在进化论和进化过程

① 一篇用Van Fraassen观点对定律和意义公设的作用的杰出讨论，见L. Wessels, "Laws and Meaning Postulates Cin Van Fraassen's View of Theories"["定律和意义公设（借van Fraassen理论观作论)"]，载R.S.Cohen等编，PS A1974, Dordrecht: D.Reidel, 1976。

② T. Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species*[《遗传学与物种起源》]，第三版，New York: Columbia University Press, 1951。

③ R.C.Lewontin, *The Genetic Basis of Evolutionary Change*[《进化变化的遗传学基础》]New York: Columbia University Press, 1974。

里中心地位的强调，仍为讨论进化论结构提供了一个有益的起点。因此我将假定（对此Lewontin完全赞同），对种群和进化过程的描述必须是遗传学的，因此进化论（即，种群遗传学）中心的、根本的动力学部分是遗传学的。故而下面对进化论的刻画将基于基因型。

进化论所适用的物理系统是种内杂交的个体群。这些群体可称作"同类群"、"遗传种群"或简称为"种群"。从遗传学角度看，一个种群就是一组基因型——基因型为特定位点上的一对等位基因。当种群中从一代到另一代发生了基于遗传学的变化，该种群就有了进化。而种群中世代间的变化则是每一世代基因型的相对频率的一个函数。也就是说，世代间基因型相对数目上的变化，构成世代间种群的变化。基因型相对频率的变化出于以下的一或几个方面：有丝分裂和配子结合期间等位基因的交混和重组；等位基因通过突变或移入而增加；等位基因由于突变、移出或选择压力而缺失；或在小种群情况下的抽样误差。进化是世代间种群基因型相对频率的变化，所以，对进化论的任何形式解释都会包含借助于基因型频率阐明物理上可能的种群状态，说明在孤立和相互作用情况下物理上可能的基因型频率变化。

为简单起见，我要从进化论结构开始考虑它设定种群在无突变、迁移或环境变化（即选择压力的变化）含义上，为一孤立系统。"孤立"在这里的含义同在讨论物种形成时所用的含义有所不同，要宽泛一些。另外，我还要假定：种群足够大，以消除配子抽样误差的作用；种群中个体在交配选择时不牵涉到基因型的表现型表达，因而交配是随机的；以及两性的基因型频率相同。这些都是种群遗传学的一般性假定。

照Van Fraassen看，进化论的纯粹部分要定义的是该理论适用的那类系统。定义这类物理系统的第一步，要详细说明系统

能够处于的状态集合。对此状态集合的形式说明又涉及到详细说明"用于表征这些状态的数学实体(数、矢量,函数)的集合"①,即此类系统的状态空间。对于进化论,状态空间为笛卡尔n维空间,"n"是种群等位基因对的可能数目的函数。共存定律的大意就是,只有同一位点上的等位基因才能配对,而定律将选择可能的等位基因对。该系统状态为从0到1的n元实数组,在状态空间中表征为点。

理论其次要详细说明的是一组可测物理量。这些量在状态空间中得到表征(即它们由状态空间定义的函数表征)。对进化论来说,可测物理量就是由大于或等于0而小于或等于1的实数所表征的基因型频率。基本陈述大抵可用这样的命题来表述:特定的量在某特定时刻具有一特定的值。例如,陈述——一多态位点上基因型A_a的频率在种群中为0.5,即为一基本陈述。

最后,理论还必须为每一基本陈述指定一个满足函数,这样,对于每一基本陈述U,满足函数n在状态空间中指定一个满足U的状态集合。例如,陈述"基因型A_a以0.5的频率出现"的满足函数在状态空间中指定一满足该陈述的状态集合。此时状态集合是作为状态空间子集的一个笛卡尔($n-1$)维空间。

以状态空间给出解释的基本陈述集合是一种基本语言。值得注意的是,Van Fraassen想要说明,

> 联结于特定理论的基本语言决非是在其中能够表述该理论的语言。它是这样一种语言,在它里面可以表述关于理论主题的陈述。考察基本语言的结构,就是考察理论对世界所述的一种方式。②

---

① Van Fraassen, "A Formal Approach to the Philosophy of Science" p.311.

② 上引, p.312。

换言之，基本语言就是该理论的语言。

相继定律阐明理论所定义的一类物理系统中各成员的可能历史，在进化论的情形中，中心的相继定律为Hardy-Weinberg定律。① 它根据前一世代特定位点（状态空间的子空间）上的基因型频率，详细说明后继世代位点上基因型频率；这样就阐明了一个种群的可能历史。作为例证，我们考虑一个常染色单体位点的情况，在此位点上只出现两个可能的等位基因——A和a——的组合。假设种群中基因型AA、Aa和aa各以f_1、f_2和f_3的频率存在，再假设每一基因型的适合度（一转换函数——见下述）都是1（即它们同样最大限度地适合）。基于以上频率，可以计算出该位点上等位基因的比例。以p表示A等位基因的比例，q，a等位基因的比例，则有：

$$p=\frac{2f_1+f_2}{2}，和q=\frac{f_2+2f_3}{2}。$$

Hardy-Weinburg定律说明，如果一个种群在世代1中只可能有等位基因A和a，其中A等位基因和q、a等位基因的比例分别为p和q，那么它将在世代2中产生如下的基因型频率：

$$p^2AA:2pqAa:q^2aa。$$

这里，一或多个基因型的适合度值并非为1，情况会复杂一些，但Hardy-Weinburg定律仍然适用。所改变的只是等位基因的比例p和q。例如，考虑一种相似的情况，但此时AA、Aa和aa的适合度分别为1、1和0.5，如果世代1中基因型选择前的频率为：

$$f_1AA:f_2aa:f_3aa$$

则选择后的频率为：

---

① Suppe（“Theoretical Laws”）对相继定律和拟相继定律作了区分。按照此区分，Hardy-Weinburg定律属拟相继定律。

$$\frac{f_1(1)}{W}AA:\frac{f_2(1)}{W}Aa:\frac{f_3(0.5)}{W}aa$$

这里，$W=f_1(1)+f_2(1)+f_3(0.5)$。下面是一个转换函数（其实即另一条相继定律）的例子：

$$g(f_x)=\frac{(f_x)(S_x)}{\Sigma(f_i)(S_i)}$$

这里$\sum(f_i)(S_i)$为初始频率与一位点上所有可能基因型的每一适合度相乘积的和，(f_x)为此位点上基因型x的初始频率，(S_x)为此位点上x的适合度。

因此，世代1中等位基因的比例将是：

$$p=\frac{2f_1+f_2}{2W}$$

$$q=\frac{f_2+2f_3(0.5)}{2W}$$

为确定世代2中的基因型频率，p 和 q 的值要替换为Hardy-Weinburg定律中的p和q（即$p^2AA:2pqAa:q^2aa$）。类似的，相对于只有两个等位基因的位点，在更加多态的位点的情况下，假定系统未被孤立，Hardy-Weinburg定律的使用会变得更复杂些，但仍然有效。其他的相继定律还能说明交叉，减数分裂驱动等现象。

到此我一直假定理论所定义的系统都是孤立的。然而，这不是实际种群的情况——突变、迁移等等都有发生。所以，既然进化论要定义它所适用的系统，它就不能只是如此地定义孤立系统。种群必须被理解为是有输入的系统。输入分两类：等位基因的增加或减少，和基因型适合度的变化。在后一种情形中，变化

是出自于种群环境的改变。如此，它涉及到两个系统间的相互作用。类似地，等位基因由于迁移增加或减少赋会涉及到一个种群同其他种群（即系统）的相互作用。尽管有理由方便地假定突变包含种群与另一系统（即某些外部因子）相互作用——也许为生物化学作用——但对突变的情况还不十分清楚。

在具输入的系统的情况下，理论应该通过相互作用定律详细说明系统间相互作用的可能输出。这些相互作用定律需要说明：状态S的一个非空集（即系统的状态空间）输入I的一个非空集和一个"后继状态"函数δ，如此δ将$S \times I$映射到S中，因而相互作用定律将具如下形式：

$$\delta(S_k, i_1 i_2) = S_{k+1}$$

这里，S_k和S_{k+1}为系统的相继状态，$i_1 i_2$（中间无逗号）为输入。① 如Van Fraassen所指出，处理诸相互作用系统的最佳方式是将其视为一个大的单一系统。他指出，不可能永远地做到这一点，因为一些系统彼此间常常是很不相似的。② 对于种群和环境说来，情况的确如此。然而，就种群的输入和输出而言，情况就不是这样了。这时相互作用的诸系统也非常相似。但不将这些系统视为一个大的单一系统的理由，是为了简单和易于处理，是希望能符合于实际的生物学过程。

在转向讨论此种进化论分析较传统分析的优点之前，我先简要地回到前面间接提到的Lewontin所提出的批评。Lewontin曾论辩道，不应允许对进化的遗传学基础的强调遮掩进化的其他非常重要的方面。他论证说，进化论不仅仅是对基因型的描述，

---

① 见S.Ginsburg, "Some Remarks on Abstrect Machines"["评抽象机器"], 载*Transactions of the American Mathematical Society*[《美国数学学会学报》]96卷, 400—44, 1960

② Van Fraassen, "On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories" p.332

它还必须包括"对基因型和表现型间关系的描述，部分地因为，是表现型决定了繁殖系统和自然选择的行为；但还因为我们感兴趣的正是表现型的进化"。[1] Lewontin观点的重要性是不容否认的。可是，本文所提出的进化论结构也符合他的要求。也许前面的分析好象是完全地基于对基因型的描述，但实际上并非如此。尽管基因型描述真地起着重要作用，而事实上分析中也涉及到了适合度因子和向系统输入的可能性。无疑地，适合度因子部分地依赖于表现型水平的选择压力。上述刻画丝毫没有否认这一点。实际上，适合度因子不仅留有其以表现型水平选择压力进行实际决定的可能，它还允许生物化学因子部分地决定适合度。

表现型决定进化的繁殖系统，Lewontin的这一主张同上述分析也是一致的。按照这一分析，对繁殖系统的经验决定，是理论对一类特定经验系统的运用的函数。也就是说，作出涉及一经验系统的确定的经验断言，也就等于断言：一特定繁殖群体无论怎样被经验地决定，都是一个由进化论定义的系统。因而，对进化论的这种解释兼顾了Lewontin的考虑。现在，我们转向对进化论的这一研究方法的优点的讨论。

三

比起公认观点对进化论的解释，这种解释有些什么优点呢？

语义学解释最重要的优点是，它同生物学家阐述、运用和考察进化论的方式非常自然地符合。如在第Ⅰ节和第Ⅱ节中可以看见，语义学观点将理论视为对某物理系统行为的描述。这类系统是对现象高度抽象、理想化的摹写。它描述的是，假如满足理想条

[1] Lewontin, p.19。

件，各种现象将会怎样。① 由此可以推论，按照语义学解释，经验方法论并非理论的一部分；而按照公认观点的解释看来，经验方法论通过对应规则就成了理论的一部分。

物理系统的行为与经验方法论（即现象对物理系统的拟合）之间的这种区别，非常自然地符合于生物学家阐述、运用和考察进化论的方式。例如，考察Lewontin对进化遗传学的讨论中与此观点有关的两个方面② 首先，Lewontin对进化论形式结构表述了一些观点，很明显，它们可以从语义学解释中得到更忠实的表征。例如，他主张：

> 建构一种进化论即要建构一个动力学上充分的状态空间，和在此空间中转换所有状态变量的一个转换集合③。

新近，他又提出了对其理论观的明确陈述，即：

> 理论通常并非试图述说世界是怎样。相反，它是这样一种企图，即要建构从关于世界的各种假设中所产生的逻辑关系。理论是一个条件陈述的"似"[as if]集合。④

这恰恰是语义学解释看待理论的方式。

其次，围绕着进化性变化的遗传学基础的诸方面问题有一些生物学争论，Lewontin对此作出了解释。该解释提供了明确的证据：语义学观点更忠实地解释了真正的生物学实践。关于种群结构经典理论同平衡理论之间的争论是一个很恰当的例

---

① 见Suppe，前引。

② Lewontin，前引。R.C.Lewontin, "Theoretical Population Genetics in the Evoluticenary Synthesis"［"进行综合中的理论种群遗传学"］，载E.Mayr和W. B. Prov:ne编*The Evo utionary Syntiesis*［《进化综合》］，Cambridge: Harvard University Press. 1980

③ Lewontin，前引，p.8

④ Lewontin，前引。

了。

经典理论断定，对于“野生型”等位基因而言种群中一切个体在几乎每个位点上都是纯合的。而且，对某些鲜见的有害等位基因来说，在很少的一些位点上每个个体都是杂合的。照此观点，对从种群中随机遣出的两个个体就可能有如下的遗传描述：

$$\overset{\textbf{A}}{\frac{+ + + + + m + \cdots + + +}{+ + + + + + + \cdots + + +}} \qquad \overset{\textbf{C}}{\frac{+ + + + + + \cdots + + m + +}{+ + + + + + \cdots + + + + +}}$$

这里“+”表示野生型等位基因，“m”表示一有害突变体。

平衡理论宣称，种群中一切个体在几乎每个位点上都是杂合的。照此说法，种群中随机选出的两个个体的可能遗传描述为：

$$\overset{A}{\frac{A_4 B_3 C_7 D_6 E_1 \cdots Z_3}{A_2 B_1 C_5 D_2 E_1 \cdots Z_6}} \qquad \frac{A_1 B_6 C_2 D_3 E_7 \cdots Z_6}{A_3 B_4 C_2 D_1 E_3 \cdots Z_5}$$

每一位点上等位基因的数目假定为异常之大。没有这一假定，按Mendel定律，种群就会是纯合的了。

对两个理论分别引出的结论进行比较，可以揭示三个根本不同点。第一，经典理论断定一个多态种中的大多数遗传多样性是种群间的。因而，从进化论观点看，多态种种群间的差别极其重要；另一方面，平衡理论则断定，大量的遗传多样性存在于一个种群之内。所以种群间的差别便少有进化意义的重要性了。其次，经典理论假定，自然选择的主要作用是从种群中排除有害的突变型等位基因；在另一方面，平衡理论却假定了某些方式的平衡选择，如杂合优势。镰状细胞贫血病即为平衡选择的一例。杂合体较两纯合体中任一个在适合度上的优势是因为，它既不发育成镰状细胞贫血病（象ss纯合体那样），也不感染疟疾（如NN纯

合体那样)。第三，经典理论假定，物种形成出依赖于有利突变的现——因为种群几乎全部是纯合的；在另一方面，平衡理论假定，总是存在着大量的遗传变异，作为物种形成的基础。

在本文的讨论范围内，就这两个竞争理论而言逻辑上的重要之点在于生物学家的看待它们的方式。Lewontin主张，它们不是当作对含混观察的替换解释，而是被视为“对可观察现象的先验预测，——如果能实际地找到一种方法来描述种群基因型分布的话。”① Lewontin把这两个理论理解为对各种物理系统的替换描述，而它们的一切有关经验主张都包含这样的断定，即，特定的经验系统（如，种群）是由理论描述的那类物系统。甚至连竭力主张生物学逻辑经验主义研究的Ruse也承认，这确实是生物学家看待这些理论的方式。② 在讨论关于经典理论和平衡理论的生物学争议时，Ruoe总结道："故此，在实践过程中种群遗传学家们似乎是在争论，哪个模型能实际地运用于自然。"③

Van Fraassen认为，对物理学理论的语义学刻画“比起部分解释的公理系统这一为人通晓的写照来说，更忠实于现代科学基础研究的实际。"④ 而本文讨论要作出的结论是：Van Fraassen的这一观点就进行论而言是正确的。

本文我试图完成的事情是，为进化论提供一种语义学解释，并提供一个自认为是最为重要的理由，来证明为什么如此对科学

---

① Lewontin, 前引, p.28.

② 见Ruse, *The Philosophy of Biology*.

③ M.Ruse, "Is Biology Different from Physics?" ["生物学不同于物理学吗?"], 载R.E.Colodny 编, *Logic Laws and Life*[《逻辑规律与生命》], Vol, 6, p. 102, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1977, p.102.——原注

④ Van Fraassen, "On the Extension of Beth's Semantics of physical Theories", p.325.

理论的解释要比公认观点的解释更为可取。理由总括起来就是这样一个断言：它比起公认观点来，更忠实于进化生物学家们的真正实践，而且，更少有人为的造作。

杨德才 译

曹秋华 校

第　三　篇

结构主义的理论观

（非陈述观）



数 据 模 型*

Patrick Suppes

一、导　　言

几乎所有的与会成员都很熟悉理论模型的逻辑概念，所以，这里无须赘述。大致而言，所谓理论模型，就是理论的所有有效语句都在其中满足的一种可能的实现，而且，理论的可能实现是相适的集合论结构的一实体。例如，我们可以这样来表征一数学群论的可能的实现，它是一有序对，第一个元素是非空集，第二个元素是对此集的二进制运算。如果理论的公理在这一实现中得到满足，则群论的可能实现就是这一理论的模型，因为在这种情况下（如同在其他的许多情况中一样），理论的有效语句被定义为公理的逻辑推论语句。为了完全的数学灵活性起见，我将说理论通过定义一个相宜的集合论谓词（例如"是一个群"）而在一般集合论中公理化，而不是说理论直接地公理化于一个一阶逻辑的形式化语言之中。对这篇文章的目的来说，这种区别并不是很重要的。在集合论中，采用这种说法有时是很方便的："这个相宜的谓词被一个可能的实现所满足。"但是，无论使用哪一种意义下的

* 在写作本文时，承蒙海军研究室心理学科组的支持。

* 本文译自*Logic, Methodology and the Philosophy of Sciece* (*Proceedings of the* 1960 *Internatienal Congress*)［《科学的逻辑、方法论和哲学（1960年国际会议记录汇编）》］(eds.) E.Nagel et, al, Stanford University Press, 1962, pp.224—231.——译注

形式化，本质上还是使用相同的关于模型的逻辑概念。①

我认为，不仅对于数学，而且对于经验科学，这一模型观也是基本的。这样说并不否认经验科学家们可以在各种不同的意义上使用“模型”一词，这正象一物理学家讨论一物理模型，或者一心理学家把一行为的量化理论看成是一数学模型一样。现在，我不打算为这种模型的逻辑观的根本特征辩护，因为今年一月，也是由科学史和科学哲学的国际协会主办，在乌德勒支召开的讨论会上，我曾尽力详细说明过这一情况。② 在此，也许值得一提的最具说服力的论据是，在对一个理论（及其与实验的关系）的任何认真的统计处理中所使用的模型概念同模型的这个逻辑概念之间并没有任何重大的区别。

本文的重点紧密联系着对理论的经验根据的统计分析。我要尽力来证明的是，对经验理论与相关数据之间关系的严格分析，需要有不同逻辑类型的各种模型的等级系统。一般而言，在纯数学中，模型的比较与同一逻辑类型两个模型的比较有关，就象在陈述定理的判别中那样。在理论与实验的比较中，常常出现一种根本不同的情况。理论概念出现于理论之中，而理论在实验数据中并没有任何直接可观察的类比物。此外，虽然确证数据的特征是高度离散和有限的，但是，一理论的种种模型通常都含连续函数或无限序列。

也许，我可以照下列方式来充分描述我注意的种种思想。相应于理论的可能的实现，我引入了数据的可能的实现。然后，实验数据就按照习惯的方式通过数据的可能实现而被定义。显然，

① 若要了解在集合论中对理论公理化的详细讨论，参见Suppes《逻辑导论》[Introduction to Logic], Princeton, Van Nostrand, 1957, 312pp。

② Suppes, P. “数学和经验科学中的模型的意义及用法的比较”, *Synthes*, Vol.12（1960）, pp.287—301.

从逻辑上看，定义数据的可能的实现，与定义要受产生数据的实验检验的理论的可能实现一样，都是按完全相同的方式来进行的。任一给定实验的数据模型的精确定义，不仅要有常识意义上所研究现象的经验理论的数据理论，而且也要有实验程序意义上的数据理论。

在分析这一思想的某些结论和问题之前，用一个例子来使思想更明确，也许是有好处的。

二、选自学习理论〔Learning theory〕中的例子

我故意从学习理论中挑选出一个例子，因为它具有概念上的简单性。更具体地讲，我考虑一个由Estes和我本人形成的线性应答理论（Linear response theory）。①为了简化按无关宏旨的方式来表述理论起见，让我们假定，在每一次试验中，处于实验环境的生物只能够严格地作出两个应答A_1或A_2中的一个，每一次应答之后，它接受到对两个可能应答之一中的一个加强E_1或E_2。在这一理论意义上的一个可能的实验结果是有序对的一无限序列，在实验的第n次受试中，序列的第n项表示观察到的应答——这有序对的第一个元——和实际的加强——它的第二个元。

理论的可能的实现是如下种类的有序三元关系$x=\langle X, P, \theta\rangle$。集$X$是所有有序对序列的集合，使得每一对的第一个元是某一集A的一个元，第二个元是另一集B的一个元，集A和集B都有两个元素。集A表示两个可能的应答，集B表示两个可能的加强。函数P是包含X的圆柱体集合域的最小Borel域的概率估计；

① Estes, W.K.和P.Suppes"线性模型基础"。见《数学学习理论研究》〔*Studies in Mathematical Learnig Theory*〕,R.Bush和W.K.Estes, eds, Stanford, Calif. Stanford Univ.P.1959, pp.432.

θ是$0<\theta\leqslant 1$之间的一实数，它表示学习参数。(可以承认，对于有十分复杂的集合论结构模型的理论来说，可能的实现的定义在许多方面都是任意的，但是，这并不影响本文基本思想的发展。)

有两个明显的方面使理论的一种可能的实现不能够成为实验数据的可能的实现。其一，任何实际的实验都不能包括无限多的离散试验。其二，参数θ不是直接可观察的，而且不是已记录的数据的一部分。

为了追寻理论与实验的更深入的关系，有必要来陈述理论的公理，即定义理论的模型。为此，需要进行某些说明。令$A_{i,n}$是试验n的应答A_i的事件，$E_{j,n}$是试验n的加强E_j的事件，$i,j=1$，2，对于集X中的x，令x_n是通过实验n与x相等的X中所有序列的等价集。如果下列的两个公理在实现中满足，则线性应答理论的可能的实现就是理论的一个模型：

公理1．若$P(E_{i,n}A_{i,n}x_{n-1})>0$，则

$P(A_{i,n+1}E_{i,n}A_{i',n}x_{n-1})=(1-\theta)P(A_{i,n}|x_{n-1})+\theta$。

公理2．若$P(E_{j,n}A_{i',n}x_{n-1})>0$且$i\neq j$，则

$P(A_{i,n+1}|E_{j,n}A_{i',n}x_{n-1})=(1-\theta)P(A_{i,n}|x_{n-1})$。

公理1断言，当一个应答被加强时，在下一次试验中作出这个应答的概率就按单线性变换递增。公理2断定，当一不同的应答得到加强，作应答的概率就按第二种线性变换递减。对于关心这一理论的心理学基础的那些人来说，我们可以指出它能得自于一个复杂得多的理论，这个理论假定刺激样本化和条件化的程序。线性应答理论是与刺激次数接近无穷大时的刺激样本化理论的极限情况。

为了更明确起见，考虑一个已经用到线性应答理论的特殊实验集是很方便的，也就是说，这些实验备有简单的偶然加强情况

表。在每次试验时，如果作出了一个应答A_1，那么一个加强E_1的概率就是π_1，不管试验号和其他先前事件。如果作出了一个应答A_2，那么一个加强E_2的概率就是π_2。这样，总的来讲，对于每一个n，有：

$$P(E_{1,n}|A_{1,n})=\pi_1=1-P(E_{2,n}|A_{1,n}),$$
$$P(E_{2,n}|A_{2,n})=\pi_2=1-P(E_{1,n}|A_{2,n})。$$

已经用这个理论的语言来表征过简单的可能加强情况表，为了计算理论谓词，这是很有必要的。对于更精细的实验细节，这样做是不可能的。让我们假设，实验者在600次实验中为每一对象作了决定。实验设置的简略叙述（参见Suppes, P., R.C. Atkinson《多重人的相互作用的Markov学习模型》[*Markov Learning Models for Multiperson Interactions*],Stanford. Calif., Stanford Univ.Press, 1960, pp.81—83)可以照下述进行。

> 对象坐在标准高度的桌旁。在对象前面是一大块垂直安放的遮光板。两个固定的操作键（A_1和A_2应答）彼此相距20cm装在板的底部。三个乳白玻璃罩的灯装在板上。一盏用作对象应答的信号,位于对象视平线上,在两个键的正中。其他两盏灯是加强事件E_1和E_2，分别直接装在两键之上。在所有试验中，信号灯都打开3.5秒。前后信号曝光的时间间隔是10秒。在信号灯熄灭后1.5秒,一加强灯打开，持续2秒。

这种对装置的描述并不会用任何直接的方式归并为理论的一部份，这是不足为怪的。重要的问题是要把线性学习理论和这种描述当成两端，在一种详细的分析中，这两个极端之间可以有排列成等级序列的一大群理论及其模型。

在我们现在考虑的那类实验集中，实验者只记录了在每次试验作出的应答和给出的加强。这提示了关于理论的可能实现的定

义，它是从抽象的线性学习理论本身退下来的第一步。我将把这一理论称为实验的理论，它和统计学家们所说的实验设计的理论是不同的，后者将在以后被提到。实验理论的一可能的实现是一有序对$y=\langle Y, P\rangle$，其中（i）y是一有限集，它由序列长度为600的所有有限序列组成，其中带有和先前一样的有序对的各序列项，即每一对的第一元素是来自某一成对集A，并且，相对应于第二个元素，（ii）函项P是Y的所有子集集合的概率估计。

实验理论的可能实现$y=\langle Y, P\rangle$是一理论模型，只要概率估计满足于简单可能增强情况表的限定条件。这样定义的实验模型远未汉到实际数据的实体。作为Y的元的有限序列的确可以用来表示任何可能的实验结果，但是，在例如有40个对象的实验中，观察到的40个序列是Y中的40^{400}个序列中的没有意义的部分。其结果，必需要一种更切合实际的模型来表示所用到的加强的实际条件相关频率。

所以，合适的实现看来是Y元素中的N元Z，其中，N是实验对象数目。选N元而不是Y的子集有两条理由。第一，若选一子集，就没有直接的方式来指出，两个不同的对象有完全相同的应答和加强序列——不可否认的一个高度不可能的事件。其次的更重要的理由是，可以用N元来表示对象经历的时间序列，这是在考虑实验设计的某些详细问题时有关的根本点。可以指出，在用N元而不是用可以用来表示对象在实验中经历的实际时间的更复杂的实体来当作数据的一种实现时，我们已采取了离开棘手的复杂的全部实验现象的又一抽象和简化的步骤。①

下一问题是，什么时候数据的可能实现才是数据的一种模型

① 数据的模型z和实验的模型y的严格的特征并不唯一由实验来确定。例如，可以在N元的意义下来定义y。

呢？我认为，要完全回答它，需要一关于适合程度的详细的统计理论。大致地说，如果加强E_1和E_2的条件相关频率完全适合实验模型的概率估计P，则一个N元实现就是数据的一个模型。在这里，不适合详细考虑恰好相宜的统计检验，但是，勾勒主要的一些考虑，对于有关问题的复杂性会有启发。首先要指出的是，并没有单一的简单恰好相宜检验来保证数据的可能实现Z是数据的一充分满足的模型。引起的种种问题有如下这些：（i）（齐一性）对于每一对象，加强的条件相关频率（C.R.F.）像可能发生的情况那样，是接近于π_i或者$1-\pi_i$的吗？要回答这一问题，我们必须比较N元Z的元。（ii）（稳定性）加强C.R.F.是试验上不变的吗？要回答这一问题，实际上我们要总括对象，即Z的元，以求得一个检验的充分数据。（iii）（顺序）加强的C.R.F.是无关于先前的加强和应答的吗？要回答这一问题，我们必需证明，C.R.F限定了一个零序过程——所有序列的顺次相关数都是零。当然，也要指出，若给出A_j，对于i，$j=1$，2，则零序和条件事件E_i相关。这三个问题并不等于全部问题；它们的的确确反映出了根本性的考虑。为了表示出它们的根本形式特征，概述它们在一比较经典的统计结构中的构成，也许是很有益的。大致地看，是照下面来进行的。对于数据的每一可能的实现Z，我们定义每一问题的统计量$T(Z)$。这一统计量是带有概率分布的随机变量——分布最好是(不对称地)独立于在Z是数据的一模型的零假说下的实际C.R.F.的。用统计学的术语来说，如果统计量$T(Z)$的结果值根据零假说的确为真的假定有等于或大于某一有意义的层次α的概率，则我们“接受”零假说。

对于上述的齐一性、稳定性和顺序问题，相宜的办法是求最大似然或者χ的平方统计学。现在讨论细节为篇幅不允，但是，这些统计学在文献中是标准的。对于本文的目的来说，象L.J.

Savage那样的主观主义者是否会批评无拘束地使用这些经典检验，并无甚重要。为防止误解更需要作的有关的说明是，相应于三个问题的三个统计检验的共同满足（我意指“满足”就是有意义层≥.05的零假说的接受），从直观上看，对于数据的一模型的可能实现Z来说，似乎并非完全充分。① 在列出这三项来时，并不承认作出了任何完全性，但是，可以问道，有什么现实可能性可以使我们能够列举出一组数目有限的统计检验，这些检验一起足以使Z成为数据的一个模型。一个抱怀疑态度的非形式的实验者可以主张，只要给出任何有效的检验集，他就能列出一个满足检验但直观上仍是不满足的条件加强表。例如，假设构造一个顺序的统计检验以考察仅仅只有第四级的结果，那么，有怀疑的实验者能够构造一个没有随机的第五级模式的可能的实现Z。实际上，在恰当构成的实验中用到的程序使得这样的回避十分艰难。实际任务是要从某些已出版的随机数表中（它们的性质已经在大量统计检验中研究过了）求得C.R.F.。按照系统方法论观点，

---

① 为了采用这一观点，应按照如下方式来进行数据模型的更详尽的定义。Z是实验y的N层模型，当且仅当有一集合Y和Y的子集的概率估计$\hat{P}$，使得y=⟨Y，P⟩是实验理论的一模型，Z是Y的元的N元，Z满足齐一性、稳定性和顺序的统计检验。一个充分的形式定义可以表示出严格的数学细节的统计检验。例如，随应答A_1的加强E_1的齐一性的x的平方检验应该照下述构成。令N_j是对象j的应答A_1的总数（除最后的试验外），即像在Z_j中记录的那样——N元Z的第j次方的元，令U_j是对象随j的应答A_1的加强E_1的总数。那么

$$x^2_H(Z)=\sum_{j=1}^{N}\frac{(v_j-N_j\pi_1)^2}{N_j\pi_1}+\frac{N_j-V_j-N_j(1-\pi_1)^2}{N_j(1-\pi_j)}$$

$$=\sum_{j=1}^{N}\frac{(v_j-N_j\pi_1)^2}{N_j\pi_1(1-\pi_1)}$$

x^2有N个自由度。如果$x^2_H(Z)$有大于零假说接受的.05的概率，即和齐一性有关，则Z是得到了满足的。

实验者本人进行Z的检验无关紧要。

另一方面，在和这一例子有关的实验文献中，实际情况是，要更加留心，以保证使数据的可能的体现Z的确是随后实验的数据模型。一个典型的例子是有限的随机化的实际工作。例如，如果$P(E_{1,n}|A_{1,n})=.6$，那么，某些实验者就会这样来安排，在10组A_1应答的每一组中，E_1加强之后应严格得出6，在大范围试验下，这一结果应该有接近于零的概率。①

有怀疑的实验者对数据模型的重要性的最重要的反对，现在还未加以考察。这个反对意见认为，这些模型的精确分析仅仅是实验指派的众多问题中的一小部分。例如，按实验指派的大多数原则，对每一个对象指派A_1到左（或者到右）是一个错误。更一般来说，使用对象左面大大亮于右面的实验房间也应看成是错误。但是，这两个例子是不一样的。对每一个对象指派A_1到左边或是右边是可以容易地归为数据模型的信息的——而且能够陈述出对随机化的要求。表征实验环境的物理参数分布的细微信息不是简单地就能够被归入数据模型中的，而且，在文献中通常不加以报告；大致地说，假定某些其他情况均保持不变的条件是成立的。

然而，可以容易地构成的实验指派的有关信息还没有真正确定数据模型的特征。在某种意义上，这种信息几乎没有任何限制；它可以从月相一直排到对象的智商数据。

我认为，恰当按照由实验者和统计家们作出的粗略但基本清楚的区分，根本的思想是把数据模型限于和理论有参数相似的实验的各方面上。指派数据模型要归并所有可用于理论充分性的统

① 为了从概念上强调从学习论中挑选的这一特例无什么特别之处，得一谈在复杂的物理实验中，惯常有大量的实验错误资料的精心分析，这是十分必要的。在学习理论文献中，报告和物理学家总结实验错误有类似作用的上述那种统计检验，还是不尽相同的。

计检验的实验信息。我要提出的并不象我希望的那样简单明了。表1就是想用来表示在每一层次产生出来困扰科学家们的理论、模型和问题的可能的等级系统。我在最低层设立了其他情况均保持不变的条件。每一个和形式统计学无关的实验指派的直观考虑就设立在这里。强噪声、怪味、昼或季的误差时间等的控制，都由这里开始。在下一层次，就产生了实验指派的形式问题，但它们远远超过了待检验的特殊理论的界限。A_t是左还是右应答的随机化是这一层的问题，就象对象随机指派给不同的实验小组一样。进入这一层的所有考虑都可以形式化，并且，它们和下一层次的数据模型的关系，都可以加以明确——正好和好象无穷无尽的未加陈述的其他情况均保持不变的条件相对照。

表一 理论、模型和问题的等级系统

有关理论的	典型的问题
线性应答模型	θ的估计，恰好相适于数据模型
实验模型	试验次数，实验参数的选择
数据模型	齐一性，稳定性，实验参数的相适
实验指派	左右随机化，对象的指派
其他情况均保持不变的条件	噪声，发光，气味，月相

在下一层次，就进入了实验模型阶段。它们产主了与概述过的数据模型的关系。最后，在等级系统的顶端，是线性应答模型，它离具体的实验经验已经相当远。应该指出的是，线性应答模型直接和数据模型发生关系，不需详细考虑实验模型。再次应该强调的是，决定数据的可能实现是否数据模型的标准，决不依赖于它和线性应答模型的关系。这些标准应该确定实验是否适当地进行了，而不是决定线性应答理论是否有价值。

实际上，依赖性在另一边。给出一个数据模型，我们要问是否存在这样的一个线性应答模型，它与这个模型θ有令人满意的相适关系。在这一关系中，很容易陈述出θ的最大似然估计的原理：给出实验参数π_1和π_2，我们就寻找线性应答模型，即带有学习参数θ的线性应答模型，它将达到观察数据的最大概率，就象在数据模型中给出的那样。

这时，有必要直截了当地中断取自学习理论中的这个例子的讨论，但是，还有一个关键点没有充分地提及。对理论和实验之间关系的分析必须在表1中列出的等级系统的每一层次进行。在除了最高一层次以外所有层次上遇到的困难反映出了实验的弱点，而不是基本学习理论的弱点。不幸的是，在这里不可能给出很糟地想像或者贫乏地进行的实验的实验文献的引证，这些实验要用来使他们假定要检验的理论无效，但实际上并非如此。

三、经验科学中的模型理论

一开始，我就说我想尽力证明在对经验理论和有关数据之间的关系进行严格分析时，需要有不同逻辑类型的种种模型的等级系统。通过从学习理论中选来的例子的考察，展示了这一等级系统的某些方面。我想通过由这一例子部分揭示的某些更基本的评价来做结论。

我的观点之一是要表明，在由理论层次进入实验层次时，我们并不需要放弃分析的形式方法。从概念上来看，纯数学和应用数学的划分是不成立的——两者都研究集合论实体，而且，这对于理论和实验来说也同样如此。

现代数理统计的根本贡献之一是认识到，在分析实验数据的意义时，明确地需要模型。很少有重大理论进展的经验科学的各

门学科，常常有估价证据的最精致的方法，这真是科学方法的一个悖论。在这些高度经验的科学学科中，模型的大型等级系统并不是必要的，因为被检验的理论不是有真正逻辑结构的理论，而是启发式思想的汇集。唯一需要的模型就是联系到学习理论例子来讨论过的实验模型和数据模型。

当真正的理论处于疑难中时，现存的统计方法论就不那么恰当了。我们在例中概述的模型的等级系统，大致上相当于统计学家的根本空间、总体，样本。我个人认为，明确和严格地使用模型的逻辑概念，对于澄清许多统计学家仍然认为是一门"艺术"而不是一门"科学"的实验指派理论，将证明是极其有用的一种方法。由于篇幅所限，已经不能来讨论实验指派理论和数据模型理论之间的形式关系，虽然我设想了它。

但是，我在经验科学的模型理论中力求的并不完全是这些实际的目的。科学哲学家们最容易犯的过失之一就是使科学的结构过分简化。接着，把科学理论表示为逻辑运算的哲学家们又继续说，通过为这个演算的某些初始或者被定义名词提供解释或者协调定义，就赋予这种理论以经验的意义。我力图要辨明的是，整个模型的等级系统处在基本理论模型和全部实验经验之间。而且，对于等级系统的每一层次，存在一个独立的理论。通过与低一层次的理论形成形式联系，就赋予了某一层次的理论以经验的意义。对这些不同层次的理论关系的统计的或逻辑的研究，可以按纯形式的、集合论的方式来进行。分析越明确，非形式考虑的余地就越少。一旦把经验数据纳入了规范的形式（在表1中的数据模型那一层），产生的系统估计的每一问题都成为形式的问题。指出要回答的问题是形式的而不是数学的这一点，是很重要的——所谓不是数学的，在于它们的答案一般不来自于集合论公理（或者某些其他数学的标准框架）。的确，陈述那些能回答这些问题

（测度问题、适合问题、参数估价问题、等同性问题等等）的科学方法论的原则正是科学方法的基本问题。需要的原理其特点是完全形式化的，也就是说，它们具有作为对象内容的集合论模型和它们的比较。的确，在本文中我尽力遵循的论据线索得出了这样的结论，在关于科学方法论的这个理论中唯一可能的系统化的结果是纯粹形式化的。但是，在这里不能为这一结论进行全面的辩护。

金斗辉　译

王小光　校

革命性科学变化描述：形式的方法*

Joseph D. Sneed

一、科学的科学及其哲学问题

"科学哲学"这个用语包括了各种不同的活动——致力于对各种不同的哲学问题进行探求。人们通常把这些问题划分为只与特殊科学有关和与一般科学活动有关的问题。

前一类问题（如量子力学中潜藏的变元决定论，"质量"在经典力学中的作用，进化论生物学中的目的论概念）实质上是为系统地表述所谈到的特殊科学的经验断言提供一个清楚而连贯的概念构架问题。从事这类科学哲学和从事科学研究之间的区别并非总是清楚的。尤其是，对这些哲学问题的解决是受经验材料制约的，其制约方式与理论本身受经验材料制约的方式相同。

那些与一般科学活动的本质有关的哲学问题（确认理论、一般地刻画科学说明和科学理论的特征）似乎不是那么明显地受到任何经验材料的约束。在这点上，有关这些问题的文献是非常含混的。在许多文献中(尤其是逻辑经验主义传统的著作)存在一股很强的规范化趋势。

---

* 本文选自Butts和Hintikka（编）《从历史和哲学的角度看逻辑、方法论及科学哲学》〔*Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodology and Philosophy of Science*〕第245—268页，1977年，D. Reidel出版公司，Dordrecht-Holland.

我认为科学哲学问题的这种“二重划分”是令人误解的。我所持的看法是，关于一般科学本质的哲学问题，从任何根本性的意义上讲，都与那些只和特殊科学有关的哲学问题没有什么不同。尤其是，在任何特定的涵义上，都不能说一般科学哲学是规范化研究，而特殊科学哲学则不是。大致说来，我认为存在一种经验的、描述性的(但并非仅仅是描述性的)"科学的科学"。在我看来，一般科学哲学研究的问题是，如何为系统地表述关于科学的特殊理论的经验断言提供一个清楚而连贯的概念构架。

我所设想的“科学的科学”是一门社会科学。可以很笼统地说，它的主要对象是从事于生产科学理论以及其他东西的集体活动的人群——“科学共同体”。科学共同体具有一些使自身区别于其他类型的社会群体的属性（这些属性被认为是与共同体所生产的产品有联系的），其区别方式令人感兴趣。共同体以特殊的方式与更大的社团相互作用。作为内因和外因作用的结果，它们在时间进程中产生、解体、合并并消亡。同样，它们的产品——“科学理论”——也随着时间而变化、发展，其变化发展方式与产生它们的共同体的发展密切联系。这大致就是关于科学的理论所研究的题材。就科学共同体的产品对更大的社团具有价值这点来说，关于科学的理论可以具有实用的蕴涵。了解更大的社团是否能影响科学共同体的“输出”，如果能够的话，其影响程度和手段如何，也许是有一定意义的。

传统的一般科学哲学没有研究过与关于科学的理论有联系的全部哲学问题。它没有研究过诸如“科学共同体”的识别条件这样的问题，也没有研究过如何澄清这样一些概念，这些概念被用来描述这些群体中的个人所具有的与共同体相关的动机。反之，一般科学哲学集中精力去澄清这样一些概念，这些概念被用来描述科学共同体的某些产品（笼统地讲，科学理论）以及它们的相

互关系和它们在时间中的发展。这种狭隘的研究在这种条件下可以得到辩护，即，如果作为一门社会科学的“科学的科学”所研究的所有哲学问题（除了那些与它的产品有关的问题外）都是与许多别的社会科学所共有的。对这种情形的真实性我表示怀疑。

我在谈到科学的科学及其概念基础（一般科学哲学）时，似乎把它们看作完全没有规范化蕴涵。其实并非如此。但是需要作出一些区别，才能准确地理解它们的规范化蕴涵。

首先，关于科学的经验理论也如同任何可靠的经验理论一样，包括了对于行动的蕴涵。它为我们提供了追求某些目的所需的信息。作为一门社会科学，科学的科学也许与行动尤其相关，因为，它所研究的“社会事实”也许可以通过深思熟虑的人类行为而被修改。“科学事实”（关于某些现象的系统化的信息）尤其是属于科学共同体的产品。人们普遍相信，获取这种信息的最切实有效的方法是（从财金上或从其他方面）支持科学共同体。实际上，这是系统表述“科学活动是合理的——它是有利可图的投资——这一主张的一种方式。虽然人们普遍相信，这一点仍可能是错误的。

一个成功的关于科学的理论可以告诉我们的有以下这些：是否现有的科学行为体系在这种经济意义上几乎是最佳的（合理的）；它可以怎样被改进。这样说来，这种理论具有明确的规范化蕴涵。我相信Stegmüller可能正在接近诸如这样的看法，他注意到

> ……对于“什么是合理的科学活动”这一问题，表述出来的是一种非同寻常的、难于处理的无理论的科学规范，在这一过程中这一规范能证明自身是必不可少的。存在的合理性标准自身在后来被认作是老一套，并由于别的、通过一个有区别的观察标准所获得的特征，而对之拒不采纳。

我对此只补充了关于"合理性"的政治经济方面的衡量，以及对一种经验的"无理论研究纲领"[metatheoretisches Forschungsporgramm]的明显承诺。

但是在"科学的科学"中也如同在其他经验科学中一样，仅有经验主义是不够的。关于"科学的科学"中的特殊理论的合理重建就象经典粒子力学、经典平衡热力学和基本量子力学的合理重建一样，提供了关于这些理论的经验内容的有价值的洞见(我是这样评价的)。我认为Kuhn的说明([2]以及有关的文章)就是这样一种特殊的理论。在[4]第八章中，我曾初拟了一个关于Kuhn理论的部分合理重建。Stegmüller[在5]K·IX中曾给出了关于这个理论的更加详细的、颇有见地的部分合理重建。这两种合理重建都是"部分的"，其中，它的首要关注的是Kuhn关于科学共同体的产品——科学理论以及有关的经验断言——的看法。对他研讨科学共同体的理论的其他方面则涉足不深。尤其是，Stegmüller和我都试图(以不同的方式)说明：说某人"掌握"[zu verfügen über]或"持有"一理论，指的究竟是什么。

二、科学共同体的产品

也许，Stegmüller和我对Kuhn关于科学的理论所作的部分重建的主要特征是我们对科学理论(科学共同体的产品)的看法。大致说来，为了理解Kuhn向我们阐述的关于科学活动的看法，我们发现，使用与一般科学哲学家通常使用的科学理论概念有别的概念很方便。

一般科学哲学家通常把科学理论看作陈述句的集合，这些陈述句相互间有着某种逻辑关系。由于技术上的理由，要以娴熟的

数学形式化和一些相互联系的运用来刻画理论，就需要比陈述句的集合更多的东西。此外，我们发现这种"陈述句观念"是与Kuhn想要告诉我们的关于科学理论的许多看法完全不相容的。例如，他想告诉我们的一个看法是，成为一特殊科学共同体成员的一个必要条件是"持有"一个特殊的理论，但是，同一科学共同体的成员可能同时或历时地在他们关于理论题材的特殊信念上发生重要差别。鉴于这个理由以及许多相似的理由（见[5]VII-7和[4]VII），我们基本上接受以下这种科学理论概念。科学理论是一个概念结构[conceptual structure]，这个结构可以产生关于一个松散地指定(但不是完全来指定)的"运用范围[range of applications]的各种经验断言。注意，我们并未抛弃经验断言。我们只是还需要别的实体，简单说来就是需要一个概念构造兼运用范围。当然，我们选择了把这个叫做"科学理论"，是为了用语上的方便。而我们发现这样的实体对于重建Kuhn关于科学的理论是根本性的，却不是为了用语上的方便。

得力于关于科学理论的这一概念，我们就能够重建Kuhn的常规与革命性科学变化之间的划分。大致说来，常规变化是发生在科学共同体内部普遍承认的经验断言范围之内的变化——用我们的术语说，就是保持已固定的理论。革命性变化是转换理论，或更精确地说，是持有一理论的共同体的消亡，持有另一"相竞争"理论的其他共同体的诞生。况且，理论（在我们的涵义上）之间及其组成部分之间的某些重要关系可以被定义，如特殊化、等同和化归[induction]关系。这表明（但肯定没有证明），关于科学理论如何历时地发展的有趣事实被表达为科学理论（在我们的涵义上）之间的关系。尤其是，Stegmüller曾指出，化归关系对于把握关于科学进步的非形式的、直观的观念来说，可能是一种恰当的关系。

后面我将更详细地考虑Stegmüller的提议。在此，我想进一步明确这一主张：关于科学的产品的理论（关于科学的完整理论的一个独特部分）的基本概念是理论（在我们的涵义上）和理论之间的某些关系——并非必然是刚才提到的那些关系。大致说来，这一主张是：一个科学家可能想要谈到的关于科学产品的一切有趣见解，都可以在这一概念构架中谈论。这显然是一纲领性的主张——强迫去试验的命令。实际上，我在此所初拟的是一种关于科学的理论之“核心”。①

我刚才初拟的关于科学产品的理论纲领充满了困难——有的困难是我已知的，更多的很可能我还不知道。现在我打算转入讨论某些已知的困难——尤其是从形式上区分两种理论变化这一难题：那种直观地看上去是进步性的科学变化与非进步性的科学变化。为此，我必须冒点险，稍微更深入地进行科学理论概念之形式化描述。

三、理论被看作集合论结构

首先，我将描述一种集合论结构——科学理论元素的“核心”[the core of a scientific theory-element]——并表明它如何可被用来作出关于另一集合论实体——该理论的预期应用范围[the range of intended apptication]——的陈述。核心及其应用就是“理论元素”——可以筑成非常复杂的经验断言的砖块，按照Kuhn的理解，“理论”由一个基本理论元素以及构成

① 在此我将不追溯这条形式线索。我只发表一点意见，如果在某个时候我曾经意识到我关于Kuhn理论的讨论是对一种关于科学的经验理论所作的逻辑重建，那么我就会试着把它铸造成与我为物理学提议的那种构架相同的构架。但我没有这样明晰的见解，或许这是读者的幸运。

多种理论元素"网络"的手段所组成。每一网络构成该理论基本元素的一个"特殊化"[specialization]，它相当于关于这个特殊化中有限预期应用范围的一个经验断言。整个理论网络相当于关于整个预期应用范围的一个十分复杂的经验断言。这种复杂性的本质是，使那些由理论概念的"约束"联结起来的多种理论元素的应用重叠起来。这种复杂性赋与理论概念一种"具体性"，如果对理论概念使用"判定方法"，它们就不会具有这种"具体性"。

为了下面的行文，我们需要某种符号说明：①

(DO)　(A) $M \in \mathscr{M} =_{定义} M$是一个非空集。②

(B) 对所有M、N、R、C、$\bar{R} \in \mathscr{M}$；

(1) $Pot(M) =_{定义} M$的功效集[Power set]；

(2) $R: M \rightarrow N =_{定义} R$是一带有域$M$和值域$N$的函数；

(3) C是M的一约束，当且仅当③

(a) $\phi \notin C$

(b) $C \subseteq Pot(M)$

(c) 对所有X、$Y \neq \phi \in Pot(M)$来说，如果$X \in C$并且$Y \subseteq X$，那么$Y \in C$；

---

① 我在这里和在下面的论述中都沿用了许多Stegmüller[5]的符号说明。我使用的"集"既指称素朴集[naive set]，也指称有序重集[sets of ordered tuples]。因此在某些情况下，"$M \in \mathscr{M}$"可以表示M是一种关系或函数。

③ 在此，"约束"的定义不同于[3]170页（参见本文所引自原书pp.254—268，下同。）的定义和[4]128页的定义。首先，空集从(C)（DO-B-3-a）中排除了；最后，设置了一"传递性"[thansitivity]要求（DO-B-3-c）。前者是使（D6-2）直观上有意义所需的技术上的精确性。后者为[4]282页上的证明所需。由于（$D6$-6），并非这里提到过的任何定理都需要这一条件。但要把（D6-6）弱化成$I' \subseteq M'_{pp} \cap I$，就要求我们运用这条件来建立一个（T3）的部分模拟[Patial analogue]。

(d)对所有$x \in M$来说，$\{x\} \in C$；

(4)如果$R: M \to N$，那么$\bar{R}$: Pot$(M) \to$ Pot(N)，使得，对所有$X \in$ pot (M)来说，$\bar{R}(x) = x$在R制约下的象。

(5)如果$R \subseteq (M \times N)$，那么，$\breve{R} =_{定义}$逆R。

(6)R使M与N化归性地相当(rd(R, M, N)，当且仅当

(a)$R \subseteq (M \times N)$

(b)$D_{\text{I}}(R) = M$

(c)$\breve{R}: D_{\text{II}}(R) \to M$

(7)如果rd(R, M, N)，那么

$\bar{R} =_{定义} \{\langle X', X\rangle \in$ Pot (M) x Pot (N) | 对所有$x' \in X'$来说，存在一$x \in X$使得$\langle x', x\rangle \in R\}$。

接下来我试着尽可能概括性地描述那些出现在科学理论中的集合论结构类型。①

(D1) X是一$m+K$理论元素矩阵，当且仅当

(1)$X \in \mathscr{M}$；

(2)m和K是整数：$0 < m$，$0 \leqslant K$；

(3)对所有$x \in X$来说，存在$n_1, \cdots, n_m, t_1, \cdots, t_k \in \mathscr{M}$，使得$x = \langle n_1, \cdots, n_m, t_1, \cdots, t_k\rangle$。

直观的观点是这样的，$x \in X$是集、关系、函数等的一个$m+k$重。x中的元素可以"重叠"，可能其中某个元素似乎"隐匿"在作为域或值域的另一复合元素中。例如，在经典粒子力学中，X

① 以下定义是关于(D24)([4]，161页)和相应的(D1)([5]123页)的概括，它消除了在前面那些定义的讨论中提到过的差别，即，对这个矩阵中的关系之特征的限制。

的成员将具有这种形式：$x=\langle P, T, S, m, f\rangle$，其中$P$是粒子的集合，$T$是实区间[real interval]，$S: P\times T\rightarrow R^3$是$C^2$函数，$m: P\rightarrow R^+$和$f: N\times P\times T\rightarrow R^3$是$C^2$函数。不必指明那些$x\in X$元素是"实"集，哪些是关系，以便我们可以一般地称它们为x的"分量"[components]。对这种一般性的需要，是由Mouline的研究提出的（[3]）：他把经典匀态热力学中的匀态概念处理为依据下面那个定义的所谓"理论性的"分量。不管怎样，我们将经常谈到那些属于数值函数[numerical function]分量的例子。

接下来，我要定义理论元素的形式化核心。这里那种被用来作出关于预期运用的元素范围之经验断言的配置[apparatus]。

（D2） X是理论元素核心，当且仅当存在M_p，M，C，m和k，使得

（1）$X=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$；①

（2）M_p是一个$m+k$理论元素矩阵；

（3）$M_{pp}=\{\langle n_1, \cdots, n_m\rangle | \langle n_1, \cdots, n_m, t_1, \cdots, t_k\rangle\in M_p\}$

（4）$M\subseteq M_p$；

（5）C是M_p的一个约束。

这个定义中凝聚了三个直观观点。第一，存在着理论分量与非理论分量之间的区别。简略地说，M_p就是理论（包括理论分量）的完全概念配置的所有可能模型的集合，而M_{pp}是简单"删掉"理论分量、只留下概念配置的非理论部分而获得的所有模型的集

① 在[4]171页和[5]128页关于"数学物理学理论核心"的定义中出现的r-函数，现在可以根据M_p和M_{pp}来定义[见后面的（D3）]，并因此不必看上去很明晰。早期的那些研究不允许这样做，因此它避免使任何东西取决于不太令人满意的"矩阵"定义。

合。我曾把这两者分别称为“部分模型”和“潜在部分模型”[potential partial models]。第二，存在着用理论分量来系统表述的关于定律的观念。这一点被包括在M中，M从完全概念配置的所有可能模型的集合中挑选出那些满足某些定律的模型。第三，存在着这样一种观点，即理论元素的不同应用是相互依赖的，也就是说，至少就理论函数而言，在理论的一次运用中不能使用某些函数值，除非考虑到这同一函数在其他运用中的值。这一点被包括在对 MP 的约束C中，这些约束具有排除不同运用中理论函数值的某些组合的效力。这个直观观点说的是，可以划分被理论模型M的结构所排序的东西与被这样一条限制所排除的东西，这条限制规定了那种结构“跨越”许多不同应用C而被运用的方式。①

只有通过考察理论元素核心怎样被用来作出经验断言，才能看清它具有这些直观属性。这个直观观点不复杂，给定一个理论元素核心$k=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$，$M_{pp}$的一组子集（即，Pot（$M_{pp}$）的一子集）就会被挑选出来。这个组被称为$A(K)$。挑选规则是这样的：$M_{pp}$的一子集被包含在$A(K)$中，当且仅当理论分量可以通过某种方式被补加给它的每一成员，这种方式产生了M的一子集（满足其理论定律），并使理论分量的整个数组[array]满足约束C。

$A(K)$的定义需要某种添加的符号说明。（D 3-A）的r函数干脆“删掉”了M_p成员中的理论分量。$A(K)$因而是Pot（M）$\cap C$在$\bar{r}$中的象——将r以（DO-B-4）的方式扩大两倍就产生了函物数$\bar{r}$：Pot（Pot(M_p)）→Pot(Pot(M_{pp}))。在此引入定义

① 实际上（D2）的表述是高度概括性的，以致约束可以用于非理论分量和理论分量。是否实际需要这种概括性是一个有趣的问题。（D2）可以轻易被修改，以便把约束仅限于理论分量。但这个新的问题在此是不重要的。

化归关系所需的符号说明是很方便的。如果R是两个理论元素核心的完全理论结构之间的一种关系，那么$\bar{R}$是R（D3-(c)）的非理论象。

（D3）如果$K=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$与$K'=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$是理论元素核心，那么：

(A) $r: M_p \to M_{pp}$，使得$r(n_1, \cdots, n_m, t_1, \cdots, t_k) =_{定义} \langle n_1, \cdots, n_m\rangle$。

(B) $A(K) =_{定义} \bar{r}(\text{Pot}(M) \cap C)$

(C)如果$R \subseteq M'_p \times M_p$，那么

$\bar{R} = \{\langle x', x\rangle \in M'_{pp} \times M_{pp} \mid$ 存在一$\langle y', y\rangle \in R$ 并且 $x' = r'(y')$ 并且$x = r(y)\}$①

现在我们可以来描述理论元素概念的特征，并开始考察理论怎样与经验断言相联系。

（D4）X是一个理论元素，仅当存在② K和I，使

（1）$X=\langle K, I\rangle$；

（2）$K=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$是一个理论元素核心；

（3）$I \subseteq M_{pp}$。

首先，要注意这只是作为理论元素所要满足的必要条件。集合I将被解释为这个元素的预期应用范围——这理论元素谈到的对象。（D4）对I提出的唯一要求是，I的成员必须具有K的非理论部分特有的结构，即，它们必须是M_{pp}的成员。③

① “r”在此指称由（D3-1）定义的函数$M'_p \to M'_{pp}$。一般说来，我们接受这样的约定：与带下标的K项相联系的分量和其他集将被配上相同下标。例：“C_i”指称K_i中的约束。

② 理论元素相当于[4]和[5]中的数学物理学理论。现在使用的术语强调了这一事实：理论一般是比单个理论元素更复杂的实体。

③ 关于充分条件方面有可能多说几句。在[4]第260页和[5]第89页上，曾采取了关于这方面的某些试探性步骤，但在此我不打算冒险讨论这问题。

现在我要定义元素⟨K，I⟩的断言。被K挑选出来的正是这一断言：预期应用范围I是M_{pp}的子集之一。即，$I \in A(K)$。

（D5）理论元素⟨K，I⟩的**断言**是$I \in (K)$。

这里的思想也不深奥。M_{pp}是所有可能的关于某组现象的非理论描述；I包括了对实际出现的现象之描述。理论元素核心K把Pot(M_{pp})缩减为A(K)——它限制了可能性范围。它主张通过逐渐缩减到I（实际观察到的事件）的方式来限制可能性范围。

理论元素⟨K，I⟩的断言很可能非常粗略地把非理论地描述的可能性范围逐渐缩减。实际上，也许根本不存在逐渐缩减。即，也许$A(K)=M_{pp}$，并且⟨K，I⟩的断言是空的。①但一般说来，单个理论元素的断言（即使是非空的）并非与理论有关的唯一断言。通常认为，不同的特殊理论（或非理论）定律在I的某个基本应用范围的不同子集中均成立。或许这些特殊定律还有着与它们相联系的特殊约束。大致就是这种关于某个基本理论元素的断言加上诸如此类的特殊断言的某个**数组**构成了科学理论的经验内容。

在[4]中我试着使用我所谓的理论"展开核心"来处理特殊定律和约束。我现在相信存在一种稍微更明确的、描述这些理论的特殊的等价方式。②首先，我们来定义理论核心的"特殊化"这一概念。直观地看，$K=\langle M_p, M_{pp}, M, C\rangle$的特殊化给$M_{pp}$的某子集分配了某些特殊的定律（这些定律被表示为对集合M的进一步限制），或许还有某些与这些定律有关的约束（这些约束

---

① 有一种似真的经典粒子力学系统表述其实就是这种情况。参见[4]118页，[5]110页。

② 这另一种处理方式（特殊化关系）的基本观点，我是从W.Balser那里受到启发而提出的。更详细广泛的关于这样的理论之间关系的阐述见[1]。

被表示为对C的进一步限制）。①

（$D6$）如果T'和T是理论元素，那么T'是T的一个**特殊化**，当且仅当

（1）$M'_{pp}\subseteq M_{pp}$，$M'_{pp}\in\mathscr{M}$

（2）$\text{Pot}(M'_{pp})\cap A(K)\neq\phi$

（3）$M'_{p}=\{x|x\in M_{p}$并且$r(x)\in M'_{pp}\}$

（4）$M'\subseteq M$

（5）$C'\subseteq C$

（6）$I'=I\cap M'_{pp}$②

要求$\text{Pot}(M'_{pp})\cap A(K)\neq\phi$（$D6-2$）的理由不过是，假定特殊定律在那些已被初始$K$所排除的场合中成立是不恰当的。（$D6-3$）正好允许$M'_{pp}$的选择确定$M'_{p}$，其确定方式保证了$T'$是一个理论元素。要求$I'=I\cap M'_{pp}$意味着，在选择$M'_{pp}$时，我们的意图是：$I$中具有这种结构的一**切**都是这个特殊化的未来应用。这一要求可被削弱。但这样做有碍我们把“核心-网络”（见后面（$D11$））看做以单个核心那样的方式(见后面（$D12$))来确定某初始M_{pp}的子集。其详情见[1]。

接下来，我们把“理论网络”定义为理论元素加上其特殊化关系的集合③。我们还要求出现在该网络中的核心唯一地与它们的未来应用相联系（$D7-4$）。

---

① T的一个特殊化本身就是一理论元素，但它在以前的文献中（见[4]179页，[5]131页）起着“运用函数”d的作用。

② 注意，（$D6-4$）、（$D6-5$）加上T'是一理论元素这个要求，就保证了特殊定律M'和特殊约束C'实际上对某些由M'_{pp}确定的M'_{p}的成员成立——$A(K')$不是空的。这相当于[5]第131页上的（$D9-5-c$）（那条件在[4]第181页上定义应用关系时没有出现）。与[5]中的（$D9-5-b$）相对应的是（$D6-6$），（$D6-6$）有效地要求运用集合的叠置序列[nested sequences]必须与定律的叠置序列相联系。

③ 理论网络类似于数学物理学理论的被应用核心（见[4]，181页）。

（$D7$）N是一个理论网络，当且仅当存在$|N|$和$\leqslant$，使得：

（1）$N=\langle|N|, \leqslant\rangle$；

（2）$|N|\in\mathscr{M}$是理论元素的一有限集；

（3）$\leqslant$是附着于$|N|$上的特殊化关系；

（4）对所有$\langle K, I\rangle$，$\langle K', I'\rangle\in|N|$来说，$K=K'$，当且仅当$I=I'$。

理论网络是部分有序集[partially ordered sets]($T1$–A)并且，那些由特殊化联系起来的理论元素所选择的M_{pp}的子集具有那种"特殊化"所提示的属性（$T1$–B）。那些属于被K'的特殊化所确定的$A(K)$项一般都小于$A(K')$。它们缩小了我们作出更强断言的可能性范围。

（$T1$）如果N是一个理论网络，那么：

(A)N是部分有序集；

(B)如果T，$T'\in|N|$使得$T\leqslant T'$，那么：

（1）$A(K)\subseteq A(K')$，

（2）$I\subseteq I'$

（3）如果$I\in A(K)$，那么$I\in A(K')$。

理论网络是十分概括性的。实际利益方面的例子似乎都是非常特殊的案例。我们将主要关注那种只含有一个"基本理论元素"在其网络最高位[t_{op}]的理论网络。

为了指明我们感兴趣的理论网络的属性，还需要某种符号说明。我们把一个网络的"基本集合"定义为它的上界的集合（$D3$–A），并把所有出现在网络N中各处的未来运用的集合定义为$Q(N)$（（$D8$–B）和（$D8$–C））。

（$D8$）如果（$N=\langle|N|, \leqslant\rangle$）是一个理论网络，那么：

(A) $\mathscr{B}(N)=_{定义}\{x\in|N|$对所有$z\in|N|$来说，如果$x\leqslant z$，那么，$x=z\}$；

(B) $\bar{Q}(N)=_{定义}\{I|$存在着$\langle K', I'\rangle\in|N|-\mathscr{B}(N)$使得 $I=I'\}$。

(C) $Q(N)=_{定义}\bigcup_{I'\in Q(N)}I$。

我们不仅需要谈到理论网络，而且必须谈到"理论网络的部分"。为此目的，我们引入"展开"[expansion]和"初始部分"的符号说明（D 9）。N是N'的展开，当且仅当N'被包括在N中。N'是N的初始部分，当且仅当它构成N的"最高位"。

（D 9）如果N和N'是理论网络，那么：

(A)N是N'的一次展开（$N'\subseteq N$），当且仅当：

（1）$|N'|\subseteq|N|$；

（2）对所有$x\in(|N|-|N'|)$来说，$y\in|N'|$并且非$y\leqslant x$。

理论网络具有"核心网络"[core-nets]，"核心网络"以一种自然的方式（D10）与理论网络联结起来，这些核心网络与理论网络同构[isomorphic]（T2）。①

（D10）如果$N=\langle|N|, \leqslant\rangle$是一理论网络，那么

$N^*=\langle|N^*|, \leqslant^*\rangle$是由$N$导出的核心网络，当且仅当：

（1）$|N^*|=\{K|\langle K, I\rangle\in|N|\}$，

（2）$\leqslant^*=\{\langle K, K'\rangle\in(|N^*|\times|N^*|)|\langle K, I\rangle\leqslant\langle K', I'\rangle\}$。

（T 2）如果N是一理论网络，那么N是一个部分有序集，并且N^*在θ制约下与N同构：

$|N|^*\leftrightarrow|N^*|$使得$\theta(K, I)=K$。

正如理论核心K挑选出pot（M_{pp}）的一子集一样，在核心K制约下的理论核心网络也挑选出这样一个子集。直观地看，N^*只

① 核心网络类似于数学物理学理论的被展开的核心（见[4]179页和[5]130页）。

是挑选出pot（M_{pp}）的这样一些成员，这些成员的元素可被配备理论函数，在假定这些函数适用的应用中，其配备方式要满足某些特殊定律和约束，在这个网络中高于这些函数的应用中（当然包括K的那些应用），还要满足那些假定适用的定律和约束。于是就得出其形式定义如下：

（D 11）如果N是一个理论网络，使得$\mathscr{B}$（N）=｛⟨K，I⟩｝，
那么，$A(N^{\cdot})=\{X\leqslant M_{pp}|$对所有$K'\in|N^{\cdot}|$来说，
$X\cap M'_{pp}\in((K'))\}$。①

现在我们可以给出一个更完全的关于基本理论核心K与预期应用范围I的经验陈述之间的关系的说明。对某个以⟨K，I⟩为基础的理论网络$N^{\cdot}$来说，人们断言$I\in A(N^{\cdot})$。这个断言蕴涵着，I的某些子集包括在这个网络中由K项所确定的$A(K')$项中。这表明，人们可以把这个断言$I\in A(N^{\cdot})$看做$I'\in A(K')$这种形式的断言的一个数组，这个数组与⟨K，I⟩下面的子理论⟨K'，I'⟩相联系。这个子理论数组是"以⟨K，I⟩为基础的理论网络"。以下定理从形式上总结了这种看法。

（T 3）如果N是一理论网络，使得$\mathscr{B}(N)=\{\langle K, I\rangle\}$，
那么，$I\in A(N^{\cdot})$对所有$\langle K', I'\rangle\in|N|$来说，
$I'\in A(K')$。

这种关于理论以及相关的经验陈述的说明，允许我们对付这样的情形，在这种情形中，特殊的定律和约束被断定在某些特殊的（但不是在所有的）应用中成立。它表明，一个非常弱的（甚至可能是空的）理论核心可以被充实，以致有力地限制可能性范围。此外，它提示了一种记述理论的时间发展的方法。

首先，考虑一理论元素⟨K，I⟩，其中，应用范围I被看作从

① A（N^{*}）对应于N$\mathscr{P}$，[4]181页和Ae（E），[5]133页。

外延上被描述了的。一个理论的历史发展可以被表示为持续地试图构造理论核心网络N_t^*的努力，N_t以K为基础，以致$I \in A(N^*_{t+1}) \subset A(N_t^*)$。那就是说，当理论网络的其他部分随时间而变化并努力去获取一个在I上的更精确的“固定”时，其最高位保持固定不变。这种在I上的“炮火集中”不需要统一进行。人们可以一开始就在一个方向上展开这个网络，见到一种更好的办法，返回，在另一不同方向上重新开始。

这就造成了这样一种情形，其中，只有关于基本理论元素的断言$\langle K, I\rangle$，大致还有在试图更多地谈到I时要使用K制约下的网络这种约定，仍然保持不变。但子网络也可以通过相似方式被保持“固定”。即，可能存在$K' \leqslant ^* K$，以致$\langle K', M'_{pp} \supset I\rangle$在理论的整个发展中都出现于每一个以$\langle K, I\rangle$为基础的理论网络中。这将大致指出，实施该理论的人并非只是在处理I时才使用受K制约的网络，在以某种特殊方式对付I的某些子集时也要使用。

有关具有从外延上描述过的预期应用的理论的有趣例子是不多的。更特殊地说，用某个从外延上描述过的$I_t \subseteq I$（到t为止所发现的I的成员）来从内函上描述预期应用范围I。对固定的I_t而言，以$\langle K, I\rangle$为基础的理论可以象刚才所描绘的那样发展。但这个理论也可通过把I_t扩大为I_t并发现某个受K制约以致$I'_t \in A(N)$的理论核心网络而发展。即，更多的预期应用可被带入该理论关于外延上描述过的应用之论述的范围中来。大致说来，这个以$\langle K, I\rangle$为基础的理论可通过展开和转换$\langle K, I\rangle$制约下的理论网络、既内在地（更狭窄地指明I_t）又外在地（扩大I_t）发展。

在具有从内涵上描述过的预期应用的理论中，那些其预期应用被“范例”所描述的理论已经受到特别的注意。Kuhn曾提出，关于由范例所作的预期应用的描述可以是“吸引人的”科学

理论的规则。这种可能性可用如下方式被表示在理论网络形式化中。从外延上描述的应用I_o的范式集合[a paradigm set]具有一个与它相联系的“范式理论网络”[paradigm-theory-net]N_p。这个范式理论网络以两种方式决定了该理论的发展。第一种方式是，I被描述为所有那些是与I_o颇为相似的东西。(这点可被弄得稍微更精确一些。例如。见[4]286页及其后诸页，[5]148页及其后诸页，218页及其后诸页，225页及其后诸页)。第二种方式是，这个范式理论网络必须是那些出现在该理论发展之中的任何更大网络的一个子网络，即，某些子理论以及它们间的关系“锚住”了该理论的发展。

这些直观看法被概括在(D 13)中。T_b是由K_b(该理论的基本概念结构)和I(整个预期应用范围)组成的基本理论元素。I_p是范式运用的子集，N_p是范式理论网络，它将K_b运用于I_o—或许依靠了K_b的特殊化的帮助。$\mathcal{N}$是所有那些属于N_p的展开的网络组成的集合。人们也许想要求N_p是$\mathcal{N}$的所有成员的一个初始部分，这样做将通过在旧的应用之间插入新的而排除对范式网络的干预。这种情况是否发生过，我是不清楚的。

(D 12) $\mathcal{T}_k$是一个Kuhn理论，当且仅当存在T_b，I_o，N_p，$\mathcal{N}$，使得

(1) $I_k=\langle T_b, I_o, N_p, \mathcal{N}\rangle$；

(2) $T_b=\langle K_b, I\rangle$是一个理论元素，使得$I_o\in I$，

(3) N_p是一理论元素，以致

(a) $\mathcal{B}(N_p)=\{T_b\}$；

(b) $Q(N_p)=I_o$。

(4) $\mathcal{N}=\{N|(a)N$是一理论网络

(b) $\mathcal{B}(N)=\{T_b\}$

(c) $N_p\subseteq N\}$

Kuhn理论仍保持不变，而与它们相联系的经验断言则是相对于人们从$\mathcal{N}$中择选的理论网络而言的。（D 13）使这点精确化了。

（D 13）　如果$\mathcal{T}_k=\langle T_p, I_o, N_p, \mathcal{N}\rangle$是一Kuhn理论，$T_p=\langle K, I\rangle$并且$N\in\mathcal{N}$，那么，$J_k$**的断言就N而言是**$I\in A(N^{\bullet})$。

（T_4）记述了在Kuhn理论的框架内“常规”科学进步的两种可能性。例如N_1和N_2是与一Kuhn理论相联系的理论网络，并且N_2是N_1的展开，那么N_2可以明确地比N_1对付I的更多成员，或$N_2^{\bullet}$可以比$N_1^{\bullet}$更尖锐地谈论I。常规科学进步的第三种可能性是，$A(N_1^{\bullet})=A(N_2^{\bullet})$，但$N_2^{\bullet}$比$N_1^{\bullet}$“更简洁”或“更精巧”。虽然这种形式的进步也许很重要(对科学家的职业来说)，但它似乎免掉了形式表述。

（T_4）　如果$\mathcal{T}_k$是一Kuhn理论并且$N_1, N_2{}'\in\mathcal{N}$，以致$N_1\subset N_2$，那么

(A) $I_o\subseteq Q(N_1)\subseteq Q(N_2)\subseteq I$。

(B) $A(N_2^{\bullet})\subseteq A(N_1^{\bullet})$。

虽然我已使用理论网络形式化，试图部分重建Kuhn关于科学的理论，但这种形式化独立于他的理论，并且是非常灵活的，以致可以容纳许多其他观点。例如，可以简单地从理论重[theory-tuple]中略掉元素I_o和N_p，从而获得一个与Kuhn的范式概念毫不相干的关于科学理论的观点。另一方面，该形式化也可以向另一方向展开。

范式理论网络可随着理论的基本形式化(基本理论核心K_b)而产生，并在理论的发展过程中始终保持不变。我相信这是Kuhn原来的看法。但理论网络形式化并不强迫我们接受这种看法。理

论核心网络和理论网络是同质的［homogeneous］。① 我们关于整个网络的一切论述原则上都适合于任何子网络。可能存在着子网络的“小型范式”，它们在以〈K, I〉为基础的“覆盖式”理论的发展过程中产生并消亡。② 此外，在理论网络的“锚结构”[anchor structure]N_p中可能存在着一种历时转换，但不必改变I。

我不认为这些就穷尽了“常规科学”中理论核心形式化的有趣的描述可能性。但是让我们直接把理论核心形式化转向“革命性”科学变化的可能的运用。

四、化 归 关 系

现在我想表明以上提出的形式化如何可被用来描述科学理论之间的某些有趣关系。我将试图去了解那些表达了我们的如下直观观念的关系：一个理论$\mathscr{T}$比另一理论$\mathscr{T}'$更有效力，这是指$\mathscr{T}$“能够说明”$\mathscr{T}'$所“说明”的一切，并且也许能够“说明”更多。这些是人们可以在历史上被“科学革命”分隔开的理论之间去寻找（但或许找不到）的那种关系的例子。

我认为从这一研究中产生了这样的认识：我们关于何谓“科学进步”的粗糙的直观看法可通过许多非常不同的方式加以磨砺精炼。考虑到科学理论这种对象的全部复杂性，人们可以在那些似真地指示着“科学进步”的理论中间去辨别多种多样的关系。这表明，至少，在诸如“进步”的直观涵义这样的意义上来讨论“科学是否进步”，应该伴随着对这样一些关系的耐心考察，这些

① 较之以前的“展开的核”形式化，这似乎是一个优点，“展开的核”形式化提出基本理论元素具有一种结构上独一无二的地位。

② Kuhn在[2]的附录[Appendix]中曾经提到过这种小型革命。

关系实际上似乎存在于那些历史地被“科学革命”分隔开来的假定的理论实例之间。

这里的最一般的关系是一理论元素被化归为另一理论元素的关系。它可能（但不是必然）存在于理论之间，存在于其元素完全没有联系的不同概念配置[conceptual apparatus](不同的理论元素核心）之间，它可被用来定义理论元素、理论网络和理论之间的其他有趣关系。理论元素化归的直观点是这样的：被化归理论元素的每一应用都对应于化归理论元素的至少一次应用，被化归理论元素关于一给定应用的论述被蕴涵在化归理论元素关于任何对应的应用的论述之中。

（*DO*-6-7）提供了使这些观点准确化的符号说明。N'和N之间的化归性对应关系R不过就是从N'到N的一种一多关系。被联结的R只不过将R延伸到N'和N的功效集。我们需要后者，因为，按我们的观点，一般说来理论作出关于整个的应用集而不是关于单个应用的断言。现在我们来定义一个理论元素之间的弱化归关系。仅当R是K'和K中的非理论结构之间的化归性对应，并且$X \in A(K)$保证了一个R时对应X'是在$A(K')$中，我们说使T'弱化归于T。这些是纯形式要求。相反，(*D* 14-3）对应用范围有一些要求，这些要求使得T'的每一应用都R-对应于T的某次应用。

（*D* 14）如果T'和T是理论元素，那么R将T'**弱化归于**T（R D（R，T'，T）)，当且仅当：

（1）$rd(R, M'_{pp}, M_{pp})$

（2）对所有$\langle X', X\rangle \in \mathrm{Pot}(M'_{pp}) \times \mathrm{Pot}(M_{pp})$来说，如果$X \in A(K)$并且$\langle X', X\rangle \in \bar{R}$，那么$X' \in A(K')$。

（3）$\langle I', I\rangle \in \bar{R}$

可以认为，刚才定义的这个弱化归关系R把握了两个理论之

间化归关系的赤裸裸的实质，在这种关系中，T'和T是站在各自理论的所有理论网络的最高位的基本理论元素。大致说来，存在这种基本理论元素之间的弱化归关系，是这些理论之间存在化归关系的一个必要条件。

弱化归是理论元素矩阵中非理论部分之间的一种对应关系，这种矩阵被当作未经分析的整体。弱化归至少可以恰当地表现某些化归实体。在这些实例中，两个理论的理论概念很不相同，甚至是“不可比较的”。例如，被“科学革命”分隔开的理论可能就是这种化归实例。弱化归只要求两个理论的非理论结构是“可比较的”，并且这种“可比较性”不必存在于这些矩阵的单个成分之间。很难想象一种比这更弱的“可比较性”。

但是有两条直观的理由支持我们把弱化归看作在许多情况下是不令人满意的。第一，某些“有趣的”化归关系似乎与矩阵的理论分量有关。第二，它们似乎包含着矩阵分量之间的“分段”[piecewise]对应。例如，把固体力学化归于粒子力学时，“惯性力率”[moment of inertia]应该对应于“质量”。通过要求这种化归关系是一种M'_p与M_p之间的化归对应，我们可以满足这里的第一个直观要求。通过要求这种对应“可分割”成非理论部分和理论部分，我们可以部分满足第二个要求。用这种方式可以定义理论元素之间的强化归关系（见[4]216页及其后诸页）。但为了眼下的目的，我们可以避开这个形式定义，而只谈到“化归”——不指明“强”或“弱”。①

我们现在来考虑化归关系的“保存属性”。人们也许会猜想，

---

① “弱化归”和“化归”分别对应于第216页及其后诸页和[5]第8章9节中的“化归”和“强化归”。引起这种术语改变的是体裁方面的理由——没有其他更深刻的原因。要定义更强的化归关系，可以要求理论矩阵中个别分量之间具有化归性对应。

一旦化归关系在理论元素之间被发现了，它能够在如下意义上被保存。如果R将T'化归于T并且T'_1是T'的某个特殊化，那么将总是存在T的某个特殊化T_2，使得R将T'_2化归为T_1。大致说来，应该总是有可能通过化归理论中对应的特殊定律来复制被化归理论中任意特殊定律的效果。

弱化归和强化归都是这样，只要人们完全不苛求什么是化归理论的特殊定律就行。就弱化归而言，$A(K'_1)$的R-象可以始终被用来构筑必需的K_1。

这些事实被总结在以下定理中。

（T6）如果T'和T是理论元素并且R $D(R, T', T)$，那么，对所有T'_1（T'_1是T'的一个特殊化）来说，存在某个T_1，T_1是T的一个特殊化并且$RD(R_1, T'_1, T_1)$，其中$R_1 = R|(M'_p)_1 \times (M'_p)_1$。

这些关于化归关系通过特殊化而保存的事实表明，对那些以$\langle K', I'\rangle$和$\langle K, I\rangle$为基础的理论来说，化归被一种基本理论元素之间的化归关系完全把握住了。但是，这里忽略了这样一个直观要求，即，在选择$\langle K, I\rangle$的细微区别时（$\langle K, I\rangle$"化归"给定的$\langle K', I'\rangle$的细微区别），我们不能完全一视同仁，大致说起，我们不能使用武断设计的$\langle K, I\rangle$的特殊定律来再生$\langle K', I'\rangle$中特殊定律的效果；我们必须使用那些已经在后一理论中拥有某种"声望"的$\langle K, I\rangle$的特殊定律。

对付这一直观要求的一种方法是，干脆把化归当作与理论相关联的特殊理论网络之间的一种关系。大致说来，这种理论网络化归关系必须把基本理论元素T'化归为基本理论元素T，把N'的每一理论元素化归为N的某个理论元素。① 以下定义把这种

① 在这个问题上，我得益于C.U.Moulines教授。

看法精确表述了出来。

($D15$)如果N'和N是理论网络，T'和T是理论元素，以致$\mathscr{B}(N')=\{T'\}$并且$\mathscr{B}(N)=\{T\}$，那么R把N'化归为N($^\circ R^\circ D(R, N', N)$)，当且仅当

(1)$RD(R, T', T)$

(2)对所有$T'_1 \in N'$来说，存在某个$T_1 \in N$，以致$\overline{RD}(R_1, T'_1, T_1)$其中$R_1 = R|(M'_p)_1 \times (M_p)_1$.

理论网络之间化归的概念允许我们区分四种意义上的Kuhn理论之间的化归($D16$)。每一种都可以被复制为"弱化归"。

($D16$)如果$\mathscr{T}'_k$和$\mathscr{T}_k$是Kuhn理论并且$\langle N', N\rangle \in \mathscr{N}' \times \mathscr{N}$，那么：

(A)R把$\mathscr{T}'_k$基本化归为$\mathscr{T}_k$，当且仅当$\overline{\mathrm{RD}}(R, \mathrm{T}'_b, \mathrm{T}_b)$；

(B)R相对于(N', N)把$\mathscr{T}'_k$化归为$\mathscr{T}_k$，当且仅当$\mathrm{R}^\circ\overline{\mathrm{D}}^\circ(R, N', N)$；

(C)R相对于(N', N)把$\mathscr{T}'_k$预期地化归为$\mathscr{T}_k$，

(1)R相对于(N', N)把$\mathscr{T}'_k$化归为$\mathscr{T}_k$；

(2)对所有N'_1，$M' \subseteq N'_1$来说，存在一N_1，$N \subseteq N_1$，以致$\overline{\mathrm{R}^\circ\mathrm{D}^\circ}(R, N_1', N_1)$；

(D)R把$\mathscr{T}'_k$完全化归为$\mathscr{T}_k$，当且仅当对所有$\langle N', N\rangle \in \mathscr{N}' \times \mathscr{N}$来说，$\mathrm{R}^\circ\overline{\mathrm{D}}^\circ(R, N', N)$。

"基本化归"((D 16-A))是基本理论要素之间的一种简单化归。基本化归本身似乎太弱，不能把握我们关于化归的直观看法。当人们注意到，与基本理论元素相关联的断言可能是无足轻重的，其中，对并非无足轻重的理论来说，$A(K_b) = \mathrm{M}_{pp}$，这时，以上看法就很明显了。如果这个实例是$\mathscr{T}'_k$，那么，M'_{pp}与M_{pp}之间的任意化归对应都会把$\mathscr{T}'_k$化归为$\mathscr{T}_k$。

一个更令人满意的Kuhn理论的化归概念通过“相对于特殊理论网络的化归”被提出来（（$D16-B$））。

这种关系反映了使我们去定义网络之间化归的那些直观观念。但是，存在某种直观的理由认为相对于特殊理论网络的理论化归不是我们感兴趣的关系。不止一个理论网络（在时间过程中）可以与同一理论相联系。我们凭直观认为化归是一种在理论相互之间存在的独立于时间的关系。可以采取这样一种步骤去获得独立于时间的化归关系，这就是要求“完全化归”（$D16-C$）——所有被R所化归的理论网络时。但完全化归显然太弱了。大的J_k'网络将绝不会化归为小的J_k网络。

在相对于网络的化归与完全化归之间有一种妥协的虚假表面现象——“相对于特殊网络的预期化归”（（D 16-C））。这种观点是，R把N'化归于N，并且对N'的每一展开而言，都存在N的某个展开，使R化归这些展开。人们可以把初始$\langle N', N\rangle$或者看作范式网络对$\langle N'_p, N_p\rangle$，或者看作记述双方理论处于其历史发展某时刻的状态的一对$\langle N'_t, N_t\rangle$。就范式网络作为初始对而言，预期化归指的是R化归这个范式网络，并且，对每个N'和$\mathcal{N}'$来说，存在$\mathcal{N}$中的某个N，使R把N'化归为N。但是，相对于（N'，N）的预期化归作为（$T6$）/（$T7-B$）的推断，没有给相对于（N'，N）的化归补充任何东西。直观地看，只要我们可以任意展开N，我们就总是能够发现一次展开，R将把N'的一次给定展开化归于它。（$T7-A$）使基本化归被所有更强的化归关系所蕴涵这一事实变得明晰起来。

（T7）如果$\mathscr{T}_k$和$\mathscr{T}_k$是Kuhn理论，并且$\langle N', N'\rangle \in \mathcal{N}' \times \mathcal{N}$，那么

(A)如果R相对于$\langle N', N\rangle$把$\mathscr{T}_k$化归为$\mathscr{T}_k$，那么R把$\mathscr{T}_k$基本化归为$\mathscr{T}_k$。

(B) R相对于$\langle N', N\rangle$把$\mathcal{T}'_k$化归为$\mathcal{T}_k$，当且仅当R相对于$\langle N', N\rangle$把$\mathcal{T}'_k$预期地化归为$\mathcal{T}'$。

这些事实表明，我们必须或者把某个相对于网络的化归接受为Kuhn理论之间的恰当的化归，或者以某种阻碍（$T6$）之结果的方法来强化特殊化这一概念。后一种可能性基本上等于指明M_p所包含的一类“可采纳的”或“类律的”子集——基本理论元素中的定律。这样一来，特殊化将被局限在那些包含着可采纳的特殊定律的东西中。（$T6$）的模拟，即使它能够在特殊定律中可采纳的特殊集合里成立，一般说来将都是错的。

另一方面，相对于网络的化归也许不是象它第一眼看上去那样令人反感。为了看清这一点，我们必须在两类化归之间作出一种“实用的”区别。首先，在有一种情形中，化归理论先于被还原理论而发展（暂时），并且被多少有点明确地看作化归理论的“衍生物”。

经典粒子力学、经典固体力学和流体力学之间大体就有这种关系。起初，人们期望“衍生”理论被化归为“亲本”理论，即，衍生理论的范式网络化归为亲本理论的网络，亲本理论网络记述了这个理论在其衍生物“诞生之时”的发展。但是一经这样被设计之后，衍生理论就有了它自己的生命，就可以发现它的应用，这种应用超出了那些可还原于其亲本理论初始网络以及该网络之间展开的东西；网络展开是通过亲本理论的“自然”发展而获得的。但这些理论之间的关系可能是十分密切的，以致亲本理论的任意网络（它们被造就成为其衍生理论的一网络的“象”）将被接受为该亲本理论的“自然”发展。衍生和亲本的时间上的发展大致是平行的。在此，网络化归是可接受的，因为，即使我们能够使它们精确化，关于特殊化的更强概念也将是无关的。衍生和亲本的更强的特殊化概念大致上将是同构的。

反之，考虑这样一种情形，其中（假定的）化归理论的发展在被化归理论之后（科学革命就是这种情形）。在这个“化归”理论诞生之时，支持它的人只怀有一种希望：该理论的范式网络及其展开可能被发现。“被化归”理论的支持者则拥有他们的范式网络的广泛的展开。一般说来，起初甚至不必出现这两种网络的“重叠”。即使在存在某种初始重叠的时候，也没有期望化归。也许所期望的是新理论的发展将最终超过旧理论的发展。即，在某个时候，与旧理论相关联的网络将N_t'将化归为与新理论相关联的N_t，而不是相反。（注意，N'_p勿需必然化归为N_p）。这种发展显然将算作“进步”，但这不是旧理论的“最终失败”。在有关这种情形的“事实”中，不存在任何东西妨碍旧理论向着不能被化归为网络N_t（虽然它们能够被化归为N_t的特设展开）的方向进一步发展。

在此，两个理论相互“拥有一种化归关系”非常相似于“拥有一个理论”（见[4]265-268页，[5]189-195页）。它实质上是一个实用概念。人们已经发现了一种把网络N_t'化归于网络N_t的关系R。他们相信（或许他们有充足的理论这样相信），R将足以把所有产生于T'的“自然”发展的网络化归为那些产生于与T在时间上平行的“自然”发展的网络。但这种信念不能被建立在终结性证明的基础之上。这些想法表明，或许理论相对于特殊网络的化归就是我们研究“科学进步”问题所需的一切。它们表明，我们并不需要一个关于理论的概念，在这个概念中，理论的未来发展的可能性被很强地指明了（通过一个强特殊化概念），以致可以“一劳永逸”地确立：一理论不能与另一理论同步发展。虽然我们并非必需这样一种观念来合理地部署我们的研究策略，但是有聊胜于无。它将减少我们的部署问题上的不确定性——某种总是可取的、往往能够以可接受的代价去追求的东西。以外，可能有这种

情形：某些理论把这种制约“构筑”在自身之中，而其他理论则没有。这就表明，寻找关于理论发展的强限制（也许就象力学中的不变性原理）是有意义的，但是它们对我们来说并非必不可少。

李晓万　译

王小光　校

元科学的新基础*

David Pearce
Veikko Rantala

一、引　言

本文的目的是想引进一种新的方法来研究科学理论的逻辑结构。我们将概略地讨论一个基本图式，用它来处理理论和分析一系列关键性的元理论概念。这个图式本身可以在适当的集合论系统内以形式的方式把握住。然而，其主要的革新精神和启发力来自现代抽象逻辑中的一些概念；具体地说，它促使我们运用模型论的概念和成果来解决经验理论的结构和动力学问题。

这里所采取的观点与先前建立元科学概念的尝试，特别是"逻辑斯谛的"或模型论的尝试以及所谓结构主义的主张，有一些共同的特征。与前者一样，它强调形式语义学在元科学中的作用；象后者一样，它也求助于理论的一些更抽象的、结构的特征。但是，它与这些和其他一些传统主张都有区别，特别是在逻辑所扮演的角色上。在这里，逻辑在科学的理论化构造中的性质

* 译自：*Synthese An International Journal For Epistemology, Methodology and Philosophy of Science*〔《综合　国际认识论、方法论和科学哲学杂志》〕Volume 56 No 1 July 1983 "New Foundations For metascience" pp.1—26.——译注

和功能是以不同凡响的自由方式来说明的：既不把它看作是强加给理论的句法形式的紧箍咒，也不认为它给科学中允许的推理种类划定了种种界线。

这种灵活多变的逻辑观与传统的看法相去甚远。作者相信它是坚持现行图式的最清楚明白的根据。

在开头就应该告诉大家，本文并不包含形式方面的新成就，①我们也不妄想提供一个完美无缺的语义系统，其细节在每一点上都得到了充分的发挥。相反，我们试图以最简单的技术手段描绘这个图式的某些画面。②我们也将努力提出一些论据来支持这个图式，并指出，对于一系列熟知的，有时有争议的逻辑和哲学问题，它如何可以导致新颖的见解。不过应该强调，这里所提出的任何精确的阐述都是尝试性的，是可以作进一步的修正的。

二、背景和动机

理解科学理论的本性乃是科学哲学的根本目标。除非"科学理论"这个概念本身能够得到精确的解释，关于科学方法、科学变化的合理性、科学进步的观念等各方面的问题就很难得到严密的哲学研究。因此研究科学理论的结构以及分析它们的元理论性质通常是高度优先的。

近几年，用形式方法研究科学逻辑和科学方法论的兴趣又复活了。目前，你可以说形式元科学是科学哲学中一个欣欣向荣的分支，有着健康而可靠的未来。原因之一就是，人们不再认为，关心科学的概念问题和基础问题仅仅是实证主义哲学的遗产。当所谓标准或"公认"理论观的批评家们仍然大规模地运用形式方

① 这种成就是在这个总图式中表述的，它可以在作者的其他著作中找到。

② 有此形式定义是不可避免的，但我们将减少到必不可少的情况。

法时，元科学已经最后发展壮大起来，仅从“经验主义的”涵义来理解元科学已经不够了。

关于目前元科学复兴的背景，我们要用本节剩余的篇幅说几句，并指出，尽管迄今确实取得了进步，为什么还需要和盼望新的、有改进的元科学观。

就数理科学之逻辑结构和概念结构的形式研究来说，我们可以区分两种主要的传统趋势：逻辑斯谛和结构主义。前者常常与Tarski、Carnap、Hempel以及Nagel等人的著述联系在一起，以独特的方式使用数理逻辑的概念（和成就）；它把理论解释为某个明确定义的语言中的公理系统，通过那个语言的证明论和模型论来研究理论的句法和语义学。第二种研究方式则器重代数与集合论这两个工具，Poincaré 把群论用于几何和力学、Von Neumman提供的量子论分析（1955)、Suppes及其合作者对经典力学、相对论力学以及刚体力学所作的重建，都是运用第二种研究方式的范例，参见，例如，Mckinsey、Sugar和Suppes (1953)，Rubin和Suppes（1954）以及Adams（1959)。

在过去二十年中，逻辑斯谛的（我们现在称为模型论的）研究方式已经向许多方向发展，不一定与原来同它相联系的“公认”观点一致。Montague（1962）促成了经典力学的标准形式化并研究了科学中的决定论问题；Carnap在他1958年的那本著作中，以及后来的波兰哲学家们准确地阐明了分析性（Przeiecki与Wojcicki 1969）并为科学提供了一个经验论的语义学（Przeiecki 1969)；其他一些人则用模型论的方法和成果分析理论名词的性质（Tuomela 1973)、分析科学中的可定义性问题和同一性问题（Rantala 1976与1977)。

同时，J·D·Sneed则成了把集合论用于重建这一研究方式的最能干的发言人。Sneed 不仅精炼了对理论进行公理化构造的

集合论方法，而且建立了一个广博而系统的元科学图式。尤其重要的是，Sneed 试图表达理论的经验内容并定义理论之间的各种最重要的关系（还原、等值）。他分析了理论随时间增长和进化的某些方式从而对解决科学进步这个一般问题作出了贡献。

在近十年中，Sneed 的主张得了迅速的发展，特别是在德国，由于Moulines（1976）和Balzer（1976）的学术演讲，由于Sneed与Balzer的合作(1977)。最重要的是，Wolfgang Stegmüller(1976)接受了Sneed的观点，简化和改进了结构主义的图式，并把它用于科学的理论化构造的动力学方面，对 Popper、Lakatos 和 Knhn 关于科学变化的说明提出了一种合理的重建。Stegmüller 与逻辑斯谛方法或形式语言方法形成了鲜明的对照

这就导致了模型论观点的支离破碎，从而缺乏任何由足以成为元科学领域中的有效工具的普遍而统一的原则构成的连贯集合。

面对这种局势，结构主义的观点看来更有可能成功并赢得普遍的赞同。结构论提供了一种显然很简单的窍门，用以抽绎出经验理论的逻辑结构而且解决如何在初等逻辑的范围内刻画一个理论的数学成分这个问题。然而，这种主张也受到了激烈的批评。例如，有人提出，朴素集合论的使用导致这个主张难以解决的一些纯形式的困难并产出一个逻辑上不一致的元科学图式。① 一个更有破坏性的（因为更难办）诘难也许是这个问题：在对一个理论的描述中完全缺乏句法，就不能阐明那个理论的逻辑和语言特征，科学概念之意义的语义分析就是不可能的。要明白为什么会这样，简要地回忆一下结构主义阐述科学理论T 的主要成分的方式就够了。

描画理论T时，中心成分是数学结构的集合M，称为 T 的模型。这个类不是由形式语言中的一组公理、而是通过阐明普通集合论中的一个谓词来定义的。M的元素就是满足那个给定谓词的结构，人们认定所有普通集合论运算都适用它们。这种阐述方式有两个主要优点。首先，T 的词汇中的任何词汇变化，如果不改变T的定律的形式（例如，简单地给谓词换个记号）也不导致M的改变。其次，在重新对T 进行公理化构造（从语言学上解释）中M基本上保留下来了；就确定M这一目的来说，甚至不要求T在任何初等逻辑中都是可公理化的。这样，有人就断言，"偶然的"语言特征，象基本谓词的名字或初始公设的选择，在对T进行集合论的刻画时就基本上可以避而不论了。

这个论证初看起来似乎是有道理的。研究科学的逻辑结构究

---

① 见Rantala(1978)和Chang(1974)。

竟为什么要注意语言的偶然特征呢？但是，作了更周密的研究之后就能看到，这种阐述理论的方式伴随着一些严重的弱点。首先，完全抛开句法来描述T等于把语言的有意义方面连同无意义方面一起抛弃了。没有语法和词汇，对T的逻辑分析或证明论分析就几乎是不可能的。其次，不难看到，使用语言学和语义学概念所能作出的区分比集合论描述所能作出的更为精细。① 然而，有一个普遍的观点这里是值得强调的。只要某种句法测度是能行可补救的，通过谈论集合而把语言解释掉并不产生真正的害处。只有当没有可行的办法从一个理论的集合论阐述中重新捕捉那个理论的语言特征时才会产生真正的麻烦。那个理论的逻辑性质于是就成为含混的，或者被简单地忽略了。

值得庆幸的是，还有一条路，走这条路可以维护理论的结构观并在同时重新引入语言学概念而又不求助于有关初阶可公理化性质的理想假定。为了说明这一点，我们需要从抽象逻辑中引进一些概念，这就是下面要讨论的问题。

三、抽 象 逻 辑

大家都知道，对于许多元科学的目的，结果表明初阶逻辑太弱，特别是由于普通数学实践中有些共同的推理概念和推理形式不能够在初阶逻辑内把握住。另一方面，其他有些逻辑，如高阶

---

① 这一点是极其平凡的，因为在模型论中语义关系与代数关系之间并不存在一一对应，但结构主义者们似乎没有意识到这一点。因此结构主义者们可能会误认为他们的体系是更丰富的体系；从 Moulines(1980)中可以找到这种主张的典型。幸好，结构主义者对理论的描述不限于这里所勾画的一星半点；然而，上述观点仍然是有效的。至于对句法更全面的“辩护”，见上面注释③提到的文章以及见 Przełecki(1974)，Tuomela (1978)，Rantala (1978)。

逻辑和类型论，是如此强以致其性质不易理解。这就促使逻辑学家去寻求新的逻辑，要求这种逻辑显著地扩大了初阶逻辑的表达力而又仍然是切实可行的模型论。经过最近十余年的努力，鉴于这些考虑，人们创造出一种崭新的"逻辑的逻辑"，通常叫作"抽象逻辑"或"广义模型论"，产生于给任何可以设想的数理逻辑语言共有的语义性质分类的尝试；这种事业在精神实质上类似于Carnap的目标，他在30年代提出了建立任何人工语言共有的一般句法这个基本思想。

现在，在抽象逻辑的集合论框架中，就有可能陈述"逻辑"的一般定义并就不同逻辑的表达手段和元逻辑性质来描画和比较各种逻辑。例如在这个范围内，有一系列"否定的"结果表明这种性质中有两个或两个以上（如Löwenheim-Skolem性质、紧致性）不能够同时适合于一个给予的逻辑。一个逻辑最显著的特征也许是它的表达力的丰富性：如果能恰到好处地阐明这个因素，那么各种不同的逻辑就能按照它们的相对"强度"进行半序排列。

为了以一种统一的风格形式地描述各种不同的逻辑，我们首先需要就如何理解一个语言或词汇及其解释达成一致。对于这个目的，初等逻辑和模型论中一些熟知的概念就够了，即相似类型和一个给定类型的结构这两个概念。这里，我们用相似类型指一个不相交并集

$$T = \mathrm{Sort}_\tau \cup \mathrm{Symb}_\tau$$

由两个集合构成，其一是种类范畴的一个不空集合Sort_τ，其二是在所选种类上具有特定秩的关系、演算、常项符号的集合Symb_τ。类型为τ的一个结构$\mathfrak{A}$指一个函数，此函数给Sort_τ的每一个元素i指定一个不空的定义域或集合A_i，给Symb_τ的每一个字母指定在适当定义域上有特定秩和种类的关系、运算或个体。

$\mathfrak{A}$可以写成一个结构

$$\mathfrak{A}=\langle A_i\ ;\ R_j,\ \cdots\rangle_{i\in I,\ j\in J}$$

这里$I=\mathrm{Sort}_\tau$，每一个R_j是一个关系，对应于Symb_τ中的一个谓词字母，等等。我们用$\mathrm{Str}(\tau)$表示类型为τ的所有结构的集合。

现在我们能够定义广义逻辑这个概念了。尽管史料中有过一些不同、也不等值的定义，但表述形式上的差别对于我们的目的无特殊的意义。一个广义逻辑，这里我们指Feferman（1974）意义上的任何模型论语言—— Monk（1976）对广义逻辑作了一种类似的、单种类的解释。① 这就是说，广义逻辑L是一个系统

$$L=\langle \mathrm{Typ}_L,\ \mathrm{Str}_L,\ \mathrm{Sent}_L,\ \models_L\rangle$$

它的第一个元素是相似类型的一个不空的集合，称作L的容许类型，其余成分是Typ_L上的演算。Str_L给每一个类型$\tau\in\mathrm{Typ}_L$指定$\mathrm{Str}(\tau)$的一个子集$\mathrm{Str}_L(\tau)$，称为类型T的L–结构（L的容许结构）；对于每一个容许类型τ，Sent_L选出类型τ的L–句子的一个类（$\mathrm{Sent}_L(\tau)$）；最后，$\models_L$给每个$\tau\in\mathrm{Typ}_L$连带上一个对τ的L–满足关系，即$\models_L(\tau)\subseteq\mathrm{Str}(\tau)\times\mathrm{Sent}_L(\tau)$。②

这里我们也认定任何广义逻辑都是正则的，因此满足如下条件：

对于所有的$\tau\in\mathrm{Typ}_L$、$\mathfrak{A}\in\mathrm{Str}_L(\tau)$和$\phi\in\mathrm{Sent}_L(\tau)$，

如果$\mathfrak{A}'\in\mathrm{Str}(\tau)$且$\mathfrak{A}'\cong\mathfrak{A}$，那么$\mathfrak{A}'\in\mathrm{Str}_L(\tau)$且

$\mathfrak{A}\models_L\phi$当且仅当$\mathfrak{A}'\models_L\phi$。③

这里，“$\mathfrak{A}\models_L\phi$”是“$\langle\mathfrak{A},\ \phi\rangle\in\models_L(\tau)$”的简写，读作“$\mathfrak{A}$是$\phi$的一个模型”。其他语义概念可以按通常的方式引入。例如，给定任一

---

① Barwise(1974)给出了“逻辑”的一个公理化定义。

② 本文中我们在这里和后面讨论的都是专类。因此，这里实际上就需要一个基于(例如)朴素集合论或ZFC的元理论。

③ 因此，任何广义逻辑L都不能够由L–句子区分同型结构。我们也将假定Feferman(1974)陈述的其它正则性质。

L和$\tau\in Typ_L$，如果$\phi\in Sent_L(\tau)$，那么我们就用$Mod_\tau(\phi)$指作为ϕ的模型的、类型为τ的所有L-结构的类。类似地，如果$\Sigma\subseteq Sent_L(\tau)$，$\Sigma$(类型为$\tau$)的模型的类就是由$Mod_\tau\Sigma=\cap\{Mod_\tau(\phi):\phi\in\Sigma\}$来定义的。如果$\mathfrak{A}\in Mod_\tau(\Sigma)$，我们就写作$\mathfrak{A}\models_L\Sigma$①。如果是$\Sigma\subseteq Sent_L(\tau)$且$\phi\in Sent_L(\tau)$，那么说$\phi$是$\Sigma$的一个$L$-后承（符号表示为$\Sigma\vdash_L\phi$）当且仅当对于所有的$\mathfrak{A}\in Str_L(\tau)$，$\mathfrak{A}\models_L\Sigma$蕴含$\mathfrak{A}\models_L\phi$。如果$\mathfrak{A}\in Str(\tau)$且L是一个广义逻辑，对于$L$，$\tau$是一个容许类型，那么$\mathfrak{A}$的$L$-理论是由$Th_L(\mathfrak{A})=\{\phi\in Sent_L(\tau):\mathfrak{A}\models_L\phi\}$定义的，并且若$K\subseteq Str_L(\tau)$则$Th_L(K)=\{\phi\in Sent_L(\tau):K\subseteq Mod_\tau(\phi)\}$。最后我们要提到，对于每一个$\tau'\subseteq\tau$，我们用$F^\tau_{\tau'}$指$Str(\tau)$上的回溯运算，对于每一个$\mathfrak{A}\in Str(\tau)$，运算的值就是限制到$\tau'$的函数$\mathfrak{A}$；$F^\tau_{\tau'}(\mathfrak{A})$通常写作$\mathfrak{A}|_{\tau'}$，称为$\mathfrak{A}$的$\tau'$-回溯。类似地，对于$K\subseteq Str(\tau)$，$F^\tau_{\tau'}[K]$可以写作$K|\tau'$。

现在，首先定义初等类这个概念，它是语句这个句法概念的语义对应词，然后就能按照各种逻辑的表达力引入逻辑的分类。$EC_L(\tau)=\{Mod_\tau(\phi):\phi\in Sent_L(\tau)\}$的元素称为类型$\tau$的$L$-初等类。$EC_L=U\{EC_L(\tau):\tau\in Typ_L\}$是所$L$-初等的集合。于是说$L$是$L'$的子逻辑（$L\leqslant L'$）且当(i)$Typ_L\subseteq Typ_{L'}$，(ii)对于每一个$\tau\in Typ_L$，$Str_{L'}(\tau)\subseteq Str_L(\tau)$，(iii)如果$\tau\in Typ_L$且$K\in EC_L(\tau)$，那么$K\cap Str_{L'}\in EC_{L'}(\tau)$。这里的意思大致是，凡$L$所能表达的，$L'$都能表达。② 而且，两个逻辑$L$与$L'$是等价的（$L\sim L'$）仅当$L\leqslant L'$且$L'\leqslant L$。它们具有相同的表达力。

这些定义初看起来似乎太宽，不符合我们关于什么是"逻

① 在不出现混乱的情况下，我们有时省掉字标"L"和"T"。

② 例如，我们用$L\omega\omega<L\omega\omega(Q_0)<L\omega_1\omega$表示(按强度增加的秩序)：初等逻辑，加上量词"存在可数多"的逻辑，以及容许可数合取与析取的无穷逻辑。

辑”的直觉；从这个图式中得出的逻辑学理论是广博的——事实上能够把任何数学语言作为研究对象容纳进来。① 这种逻辑观最惊人的特征也许是它公开强调语义学的重要性；演绎或证明的观念完全不是由定义把握的。这也许反映了，尽管形式语言在语法规则（支配何种表达式是可允许的）上千差万别，但关于词汇概念和与其解释相适应的结构，仍然有一定的齐一性。如果你想一想共同的数学结构（代数、抽象空间等）并考虑各种各样的语言都能用来谈论那些数学结构，就会赞成这一点。但是，如果证明论发展为一种新逻辑，只有满足了完全性、有效性以及能行性的要求，才能恰当地匹配语义学，否则，你就必须满足于更广义的逻辑后承的概念。②

四、“理论”概念

模型论与集合论这两种理论重建方式的局限性表明有必要建立一种新的元科学图式，在这种图式中，广义模型论概念起着自然的作用。这个纲领的首要任务是勾画一个准确的（虽然很宽的）理论概念，并说明各种不同的元科学概念如何能够依此而确立。主要特征描述如下。

（1）理论结构　一个理论T恒等于一个四元有序集：

$$T=\langle \tau, N, M, R\rangle$$

这里τ是一个相似类型，$N\subseteq Str(\tau)$（N不空），$M\subseteq N$，R是N的元素之间的关系的一个（可能空的）集合。除其类型τ外，T的主

① 见Fefermen所举的一些熟悉的例子。

② 在以下§5，我将不仅在“演绎”、“证明”这种通常的意义上使用“推理”一词，有时也用“推理”指“L-后承”。用的是哪种意义，看上下文就清楚了。

要成分是类型为τ的结构的集M，称为T的模型并表达了那个理论的"定律"。M可以在某个合适的集合论系统或某个广义逻辑L中定义。就后者来说，可以通过确定一个合适的公理集$\Gamma \subseteq \mathrm{Sent}_L(\tau)$使得$M = \mathrm{Mod}_\tau(\Gamma)$从而给予$T$的定律一个语言学的形式描述。我们假定$M$是同构下闭合的，但一般不对其构成作更多的限制。具体地说，我们一般不为M确立一个"内逻辑"，因为这个类可以由不同强度的逻辑以公理化的方式确定。

N是τ-结构的一个集合，称为T的容许结构，用于描画T的"概念结构"。N的一种解释是T的可能模型的类，大致在结构主义的意义上理解。[①] 这样描述N有一种潜在的弊病，就是允许一个任意成分进入对T的描述中：N中的变化就是理论的变化，即使T的任何定律或其他性质都没有改变。我们克服这个困难的办法是，坚持把N看作类型为τ的所有结构的类，不过这个描述也许就太广了，因为它不能排除任何"不中意的"模型。或者，我们可以这样看N，对于任一适当的逻辑L，N决定L的一个分析成分，这就是说，对于类型为τ的任何L-句ϕ，ϕ被确立为L-分析的当且仅当对每一个结构$\mathfrak{A} \in N$，$\mathfrak{A} \models_L \phi$。如果对于一个给定的$L$，$N \in EC_L$，于是我们就能设想$N$为$T$提供了一组意义公设。这样解释$N$的优点是，给予某个已经明确的$T$的"回溯"(例如一个理论$T_0 = \langle \tau_0, N_0, M_0, R_0 \rangle$，具体地说，这里$\tau_0 \subseteq \tau$，$N|\tau_0 = N_0$，$M|\tau_0 = M_0$）以及$\tau$和$M$，我们就能按照关于选择一个理论的约定成分的任何熟知的提议、以非任意的方式来确定N。[②]

N的元素之间的关系的集合R包括进来是由于一般来说科学

---

① 这里，N的元素通常限于那些具有适当类型的结构，其构成函数满足某些合适的数学条件，如连续性、可微性，等。

② 例如，见Carnap(1958)，Przetecki与Wojcicki(1969)，以及Williams(1973)；后者的模型论论述可以加以推广，达到与现行图式相符。

理论T的一切精彩方面并不都是由T的定律（限制T的模型类M）阐明的。结构之间的关系也许能更好地表达一个理论的某些性质。例如，在物理学理论中，可以认为R中的关系把握了变换和不变性、对称性、甚至结构主义意义上的约束。[①] 例如，如果$\mathfrak{R}\in R$是T的一个对称关系，我们就应该预期对于所有的、$\mathfrak{A}$ $\mathfrak{B}\in N$，如果$\mathfrak{A}\in M$且$\mathscr{R}$（$\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$），那么$\mathfrak{B}\in M$；这里，$\mathscr{R}$（$\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$）所表达的是，$\mathfrak{A}$与$\mathfrak{B}$是由某种坐标或其他类型的变换方式联结起来的。可以论证说，在某些情况下不变性原则对于描述T是多余的，因为适合于T的合适的守恒律的知识可以补偿这些原则。然而，即使事实永远是这样——我们怀疑这一点——还是经常有人提议，根据启发性或其他理由，不变性原则（和守恒定律）应该与普通的理论定律严格区分开来。特别是考虑到它们在理论间的关系中所起的显然特殊的作用，这一点就能够站住脚。[②] 自然地，R中容纳的关系越多，我们得到的有关基本理论的阐述就越强。

上述“理论”观可以认为是不完备的或者在几个方面有缺陷的，特别是在这里一个理论既是逻辑上没有解释的，因为没有为它的定律确立任何形式语言，也是经验上没有解释的，因为没有给它的基本词汇指定实际指称。至于第一点，我们没有什么要致歉的，因为略去N和M的“内逻辑”是我们所希望的一个深思熟虑的策略，随后对这个图式的展开将证明这是应该的。第二点引

① 结构主义者也用模型之间的关系去定义一个理论上的所谓“齐一性”，目的是要描述“近似的”应用和关系；见Moulines(1976b)和(1980)。一般我们假定R包含的关系可能涉及到模型加上它们的个体；例如，见Pearce与Rantala(1984)。

② 在科学中把理论定律同守恒原理、不变性原理区分开来的要求可以追溯到19世纪数学家与物理学家们的共同心事。在Poincaré的物理学哲学中，这种区分上升为关于科学理论中的各种不成文的哲学论题，在Poincare说明理论结构和科学进步时，这种区分扮演了独特的角色。见Giedymin(1980)。

起几个重要的问题，关系到为经验理论创立一个恰如其分的语义学；但是对此作充分的讨论则超出了本文的范围。有许多熟知的方法给科学理论的描述词汇提供了某种事实解释，例如，把它们与一个“纯”观察语言的词汇联系起来，使用操作定义，或分析基本测度程序。这些方法大都可以看作等于确立了一个明确的结构类，有时叫作T的“满意模型”，这些结构的类型有时是τ，或者更经常的，是τ的某个方便的子类型。当然，我们可以采纳这一观点：只有这样的满意模型的类附加给前面的四元有序集时，一个理论才能得到恰如其分的描述或重建。那么我们对一个理论的表述就可以重新命名为“前理论”、“理论核”或类似的发声标记；但是，这样的做法在本文的范围内不会有什么大作为，只会把事情搞复杂。尤其是，我们感到许多重要的元科学概念在我们这种对“理论”的观念之内，就已经能够被阐明了，那些要求承认理论的事实内容的概念可以在以后阶段作适当的修正而不影响本图式的基本特征。①

（2）理论内的关系　我们可以由回溯运算定义一个理论的各种不同成分之间的基本联系。为简单起见，我们假定所讨论的理论是这样的：它们的关系集R是空的。并令$T=\langle\tau,N,M\rangle$、$T'=\langle\tau',N',M\rangle$是这样两个理论，且$\tau\subseteq\tau'$。②令$F$为回溯运算$F_{\tau}^{\tau'}$。

① 虽然有必要，但由于篇幅有限，这里我们不能提一个按照现行模式重建的实际理论作为具体实例。然而Rantala(1980)对这种重建的某些方式进行了更深入的一般讨论。此外，Pearce和Rantala(1984)以经典粒子力学与相对论粒子力学（或者它们的部分）之间的“对应”为例，提供了一个详细的个案研究，不仅应用了本文给出的理论概念，而且应用了本文提出的理论内关系的图式。特别是在那里，读者可以找到对N与R的实践用途的说明。然而就目前的目的来说，我们让这些概念在很大程度上是开放的，因为它们的运用可能会根据具体的情况和实际的运用而发生较大的变化。

② 就下面提出的纯代数定义而论，读者很容易作适当的修改，按标准形式补上省去的成分R。然而，说到语义概念，一系列与R有关的“棘手的”问题就

（接下页注）

说T'是T的一个扩张（且T是T'的一个子理论），记作 $T \leqslant T'$，当且仅当(i)$F[N'] \subseteq N$，(ii)$F[M'] \subseteq M$。这里，如果 $\tau = T'$，我们得到的东西就象通常的扩张概念和子理论概念一样，如果在(i)和(ii)中出现等号，那么我们就说T'是T的一个守恒扩张，记作$F(T') = T$。此外，如果F诱导出一个N'到N上的一一映射和M'到M上的一个一一映射，那么就说T'是T的一个一一扩张。

当然，这些概念都是纯集合论的概念，关于一个理论的逻辑性质什么也没有说。然而，把语义学概念引入T的元理论是一件容易的事，现在语义学概念对于任一广义逻辑L相对化使得$\tau \in \mathrm{Typ}_L$，$N \in \mathrm{Str}_L(\tau)$，且$M$在$L$中可定义的。例如，说一个类型为$\tau$的$L$-句$\phi$是$T$的一个$L$-后承(记作$T \models_L \phi$)当且仅当 $\phi \in \mathrm{TH}_L(M)$。同样，$T$的$L$-理论是由$T_L = \mathrm{TH}_L(M)$定义的；$T$是$T'$的一个$L$-子理论仅当对于$\tau$、$\tau' \in \mathrm{Typ}_L$，$L_L \subseteq T_L'$。显然，若$T \leqslant T'$，那么对于任何合适的$L$，$T_L \subseteq T_L'$。根据广义逻辑的性质又得，如果$\tau = F(\tau')$，那么对于任何$L$，限制到类型为$\tau$的$L$-句的$T'$的$L$-理论正好是$T$的$L$-理论。

我们也能够阐述一个概念在一个理论中是可定义的这一重要观念。假定所涉及的一切类型都在Typ_L中。对于某个$S \in \mathrm{Symb}_\tau$，令$\tau = \sigma \cup \{S\}$，如果通过σ对S所作的一个明显定义（属于Sent_L

（接上页注）

出现了。例如，对于科学进步过程中的一个最新理论，确定R中的何种关系是更基本的并在继起的理论典型地重视，哪些关系仅仅是修改理论定律的副产品。特别有意义的情况是，(i)当$T_0 = \langle \tau_0, N_0, M_0, R_0 \rangle$是$T$的一个观察子理论或非理论性的子理论时，$R$与$R_0$之间的关系；(ii)在$T$与$T'$之间进行科学还原时，$R$与$R'$发生关系的方式。Redhead (1975) 讨论了通过理论间的关系追溯对称性的方式。对称性及其保存在物理学中是极其重要的。在讨论这些问题时，也许有必要从范畴论方面来思考T。这就是说，所涉及到的许多对称性可以通过M中模型之间的映射来思考。于是，在一个理论的变化中对称性的保存可能就等于在所涉及的两个理论之间存在适当的函子联系。Pearce和Rantala(1983b)和(1984)进一步探讨和阐述了这一点。

(τ))是T的L–后承，那么就说S是在T中句法上L-可定义的。如果类型为σ的任一L–结构到T的模型至多有一个展开，S就是在T中语义上L-可定义的。[①] 显然有，如果T是$F^{\sigma}_{\tau}(T)$的一一扩张，那么对于任一L，若τ对于L是一个容许类型，则S在T中是语义上L-可定义的。注意，我们并不总是要求类M可能在逻辑L中公理化。

（3）理论间的关系　我们认为阐明理论之间的关系如翻译和还原对于本文的元科学主张是最重要的方面之一。用来研究理论之间的对应的最好工具是结构上的可定义关系（和演算）这个概念。如果T与T'是上述那种理论，$\tau\cap\tau'=0$，那么可以通过N与N'的元素之间的关系来比较它们。例如，如果$\mathscr{R}\in N\times N'$，那么我们说$\mathscr{R}$是（$T$，$T'$）上的一个关系；当这样一个关系保存同构性质时，就叫作代数关系。这种关系可以确定理论之间的语义相关或句法相关。我们可以认为，（T，T'）上的一个关系$\mathscr{R}$是一个类型为$\tau\cup\tau'$的结构类使得若$\mathfrak{A}\in N$，$\mathfrak{B}\in N'$，则结构($\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$）$\in\mathscr{R}$仅当$\mathscr{R}$（$\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$)。于是，如果$\mathscr{R}$是L–初等类或一个L–射影类（即$\mathscr{R}\in EC_L$或$\mathscr{R}\in PC_L$)，就说对于某个广义逻辑L，$\mathscr{R}$是一个L–可定义的关系。[②]

（T，T'）上的一个L–可定义的代数关系是否诱导类型为τ和τ'的L–句子之间的任何翻译呢？这个问题自然就提出来了。如同Feferman(1974)表明的，对这个问题的回答取决于逻辑L的某些性质。我们说，(T,T')上的一个关系$\mathscr{R}$决定一个L–翻译T：

---

① 形式地，这些条件读作，对于S(τ的一个n-位谓词)S在T中是句法上L-可定义的当且仅当$\{\langle\mathfrak{A}, a_1\cdots a_n\rangle: \exists S(\langle\mathfrak{A}, S\rangle\in M\&\langle a_1\cdots a_n\rangle\in S)\}\in EC_L$
S在T中是语义上L-可定义的当且仅当
$\forall\mathfrak{A}\in Str_1(T)\exists\leqslant^1\mathfrak{A}'\in M(\mathfrak{A}'\restriction\sigma=\mathfrak{A})$。

② 如果$K\subseteq Str(\tau)$，如果存在$\tau'\supseteq\tau$和类$K'\in EC_L(\tau')$使得$K'\restriction\tau=K$，就说K是一个射影类（$K\in PC_L$)。

$Sent_L(\tau')\rightarrow Sent_L(\tau)$当且仅当对于所有的$\phi\in Sent_L(\tau')$和所有的$\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$，

$$(A)\ \mathscr{R}(\mathfrak{A},\ \mathfrak{B})\Rightarrow(\mathfrak{A}\models_L\gamma\phi\Leftrightarrow\mathfrak{B}\models_L\phi)$$

最后那个分句表达了任何理论间的关系所固有的一个显然根本的条件，即句法的和语义的对应形式应该是协调的。从Feferman的结果中得出，$(T,\ T')$上的关系R确定一个翻译当且仅当R是L-射影可定义的，L具有所谓的内插性质，且对于任何$\mathfrak{A}$，$\mathfrak{B}$，$\mathfrak{B}'$，下式成立：

$$(B)\ \mathscr{R}(\mathfrak{A},\ \mathfrak{B})\ \&\ \mathfrak{R}(\mathfrak{A},\ \mathfrak{B}')\Rightarrow(\mathfrak{B}\equiv_L\mathfrak{B}')$$ ①

自然，两个理论T与T'之间的强关系取决于建立类M和M'之间的联系。例如，如果$(T,\ T')$上的一个可定义关系$\mathscr{R}$产生一个L-翻译T，那么重要的是决定T是否以一种方向或另一种方向保全L-后承，即决定$(T\models_L T\phi\Rightarrow T'\models_L\phi)$或者这个式子的逆式，此外，$\mathscr{R}$是否产生(或产生于)$(\tau\cup\tau')$中的一个理论，此理论明显地扩张那些理论中的一个，比如T。这样一些标准可以被用来概括"T'可被翻译或还原为T"这个观念。②

应该再次强调，理论之间的L-关系不依赖于任何把握了它们的定律的特殊逻辑，我们容许T和T'二者都能在某个逻辑L中得到公理化的可能性，但对于$L'+L$，T与T'是通过一个L'-翻译

---

① 说L具有内插性质当且仅当对于每一个$T\in Typ_L$和$K_1K_2\in PC_L(\tau)$若$K_1\cap K_2=0$则存在$K'\in EC_L(\tau)$使得$K_1\supseteq K'$且$K'\cap K_2=0$。"$\equiv_L$"这个符号表示L-初等类的等值，意思是$\mathfrak{B}$与$\mathfrak{B}'$满足它们类型的相同的L-句。(Feferman的结果也认定L满足某Boole闭合条件。)不幸的是，这是一种少见的性质。

② $(T'\models_L\phi\Rightarrow T\models_L\gamma\phi)$(这里$\gamma$是一个L-翻译)这个条件可以看作是$T'$可用$T$解释的必要而非充分的标准。一个L-解释也许还需要提供某种手段，用以把类型τ'的原子公式翻译为类型τ的表达式。这就意味着把$Sort\tau'$与$Sort\tau$关联起来。Gaifman(1974)讨论了多种类逻辑中的这种翻译。我们可以把正文中给出的逆条件看作是(T'到T的、严格的)L-还原所要满足的要求；部分还原和近似还原的弱形式可以按类似的方式定义。也见Pearce (1983)。

联系的。

五、方法论的讨论

这幅关于理论和元理论概念的略图指出了一条道路，通往重新评价逻辑在科学的理论化构造中的作用。按这个一般方案，不再需要把逻辑看作是对理论内所允许的演绎和推理种类的“内在”约束，因为我们不必事先为 T 确定任何逻辑。这就在语言（逻辑）的选择上为我们谈论 T 以及把 T 与其他理论关联起来提供了极大的灵活性。另一方面，与结构主义的研究方式不同，我们不赞成不分清红皂白地一味拒绝逻辑学的方法和结果。抓住 T 的词汇（类型）τ 不放，我们就能把 T 的 L-语义学（对于变元 L）作为广义模型论的一个分支来研究。①

这些看法也表明传统的和结构主义的科学图画都可以被看作是上述观点的特例，同时，它有希望摆脱不利于它们的更严重的逻辑和方法论困难。几乎任何“模型论的”研究方式都可以纳入现行图式中。例如 Feferman 对逻辑的解释很宽，足以包括象直觉主义逻辑那样的异常逻辑；我们也能在我们的“结构”概念下吸收Boole-值模型，从而摆脱经典的二值语义学②。通过把一个

① 阐明 T 的类型 τ 并不会真正损害一般性。因为我们可以把类型的重新命名定义为一个双射 $\gamma: \tau \to \tau'$，它对 $Sort\tau$ 到 $Sort\tau'$ 上的限制是一一的，并使得 τ 中的每一个符号 S 都被映射到 τ' 中的一个对应符号。γ 诱导一个关系 $\cong_\gamma \subseteq Str(\tau) \times Str(\tau')$ 使得对于每个 $S \in Symb(\tau)$，只要 $\mathfrak{A}(S) = \mathfrak{A}'(\gamma(S))$ 则 $\mathfrak{A} \cong_\gamma \mathfrak{A}'$。而且 L 的正则性诱导这种一个特性：类型的一个重新命名 γ 诱导一个一一对应 $\bar{\gamma}$：$Sent_L(\tau) \leftarrow Sent_L(\tau')$ 使得若 $\mathfrak{A} \in Str_L(\tau)$，$\mathfrak{A}' \in Str(\tau')$ 且 $\mathfrak{A} \cong_\gamma \mathfrak{A}$，则 $\mathfrak{A} \in Str_L(\tau')$ 且 $\mathfrak{A}' \models_L \phi$ 当且仅当 $\mathfrak{A}' \models_L \gamma(\phi)$。（见Feferman 1974）因此任何理论 T 都能以规范的方式重新命名产生一个具有相同的 L-性质的理论（如）$\gamma(T)$。

② 见Feferman(1974)。

相似类型分配给理论核的母式，并把"理论的"类型与"非理论的"类型区别开来，结构主义的"理论核"如何能够转变为我们所说的理论这个问题也应该是清楚的了。[①]

然而，这套概念体系更有概括性这一点本身并不构成采纳它的根据。是否能够从中得到肯定的好处这个问题也是很重要的。例如，它提示富有成效的、新颖的研究方式吗？它对于具体的科学理论有精彩的实际用途吗？它有助于解决概念问题或哲学问题吗？对这些提议的现状作肤浅的评价将不会使我们满意地回答这些问题。如果这些问题终究可以满意地回答，那么化点气力，把这个图式运用到一段时期中的一系列问题上，就可以作到。现在我们谈谈几个最有希望成功的区域。

（1）理论概念的作用和功能。如上所述，结构主义者们发现，对于任何重建后的理论 T，把 T 的理论词汇与非理论词汇区别开来这一点是十分重要的。尽管我们不认为结构主义者到目前为止所提出的理论性之标准实际上满足他们自己的直觉要求[②]，但我们还是愿意退一步承认，可以以一种约定的、却不是任意的方式划出这样一条分界线。就我们而论，一个理论 T 的词汇可以表示为一个类型 $\tau(\sigma, \rho)$，这里 σ 和 ρ 分别指 T 的非理论成分和理论成分，且 $\sigma \cup \rho = \tau$。(注意在种类最少的情况下 σ 与 ρ 不需要是不相交的。)我们也能把 $Somd_\tau$ 进一步划分为两种词汇，一种是 T 中的描述词汇（即"经验"词汇），一种属于那个理论的基本数学成分。如果需要，我们甚至能接受这样一个要求：σ 是Carnap(1958)所说的"纯"观察语言；这样——遵循Carnap的"有穷论"假定——我们就必须主张唯一可容许的观察表达式是 $L_{\omega\omega}(\sigma)$ 的那些表达式，唯有类型为 σ 的可数结构才能承接事实解释。眼下，

① Rantala(1980)与Pearce(1982b)更详尽地讨论这一过程。

② Pearce(1981b)和(1982a)为此提出了理由。

我们就不更深地追究这种可能性了。

区分了理论T中的理论类型与非理论类型之后，我们就能进而研究理论概念在T中所起的认识作用。ρ-概念的功能主要依赖于T在它的理论部分与非理论部分之间建立的逻辑联系；这些联系又可以由M与$M|\sigma$之间的关系来刻画，M是T的模型的类，$M|\sigma$是T的非理论模型的类。特别是，ρ中的个体词汇S相对于那个理论的其余部分的地位可以表示为M与$M|(\tau-\{s\})$之间的关系。逻辑学家广泛地探讨了这样一些关系并且获得了许多成果。这里L-可定义性这个概念提供了一个一般的工具，用以分析一个理论T为它的任何理论词汇所建立的结构联系；因此也可以用以理解ρ-概念对那个理论的全部认识内容的影响。①

与可定义性问题密切相关的是一个多次讨论过的问题，即理论词汇是否能在某种意义上从科学理论中消除掉。观点有两种，其一是，理论词汇总是并且应该是可以从一个构造完备的理论中消除的，崇尚经验概念或观察概念（Ramsey 1978；Simon 与 Groen 1973）；其二是，理论词汇对于科学的说明或预测功能是不可或缺的（Sneed 1971）；Tuomela 1973）。大家的意见在这两者之间变化。可消除性概念（Ramsey）的模型论表述见于 Sneed（1971），Swijtink（1976）和Von Benthem(1978)作了研究。粗略地说，用我们的术语，如果类$M|\sigma$是初等类② 即如果条件

（C）$M|\sigma\in EC_{L\omega\omega}(\sigma)$

得到满足，ρ-概念是可以从"初阶理论"中消除的。这个标准反映了下述事实：只要（C）或类似的东西成立，则类$M|\sigma$恰好把握住了那个理论的观察后承的集合。这等于说，(C)所陈述的是，

---

① 若想了解某些已知的可定义性结果，见Rantala(1977)。

② 更一般地，如果$M|\sigma$是广义初等类，即由$L_{\omega\omega}(\sigma)$的一个句子集合表示的类。

T中著名的Ramsey－句子R_T逻辑等值于T的一个观察 $L_{\omega\omega}$－子理论。

迄今文献中的讨论都限于在初等逻辑中公理化的理论，这个局限性在我们的元科学图式中是可以克服的，办法是对于一个广义逻辑L把可消除性这个概念相对化。不幸的是，建立可消除性标准的意图有点含糊，不止允许一种模型论的解释。一方面，当有一个句子，这个句子不含有重新产生T的观察内容的理论词汇时，ρ－概念就被认为是可以从T中消除的；另一方面，用来消除理论词汇的表达式被认为是完全摆脱了对理论概念的任何本体论承诺的。按照一种解释，Ramsey－句子R_T满足这两个条件中的第一个，例如对于初等T，但是可以推论，它不满足第二个分句，因为作为一个二阶逻辑的表达式（一个Σ_1^1－句子）可以认为它在本体论上承诺了某种多于纯观察概念或非理论概念的东西。然而，如果这个诘难终究成立，那也依赖于这样一个假定：含有存在量词的二阶变元在某种意义上是"穿着伪装的理论词汇"。但是，如果用来消除理论词汇的表达式是无穷逻辑的一个公式，那又怎样呢？那么就有迹象表明存在化σ－概念更强的本体承诺吗？很难看到对这个问题作肯定的回答能够有什么根据。这些议论表明你可以富有成效地要求把两个问题明确区别来。一个问题是，一个消除公式是否是一个与原来的理论具有相同的逻辑强度的表达式或者是否是一个比原来的理论具有更大的逻辑强度的表达式；另一个问题是，它是否隐含或偷偷提到理论词汇。①

在现行图式中，"一个理论的逻辑强度"这个观念并没有明确

---

① 在逻辑中有几个可以得到的（更"局部的"）"可消除性"结果使得消除式是一个无穷公式。见Svenonius(1965)，Barwise(1975)，Makkai (1977)，Oikkonen(1981)和Rantala(1981)，关于一般讨论，见Pearce与Rantala(1983c)。

的意义，因为在这个系统中“逻辑”是一个变元。但是我们当然可以要求，如果T是我们所说的任何理论，那么ρ-概念是从T中L-可消除的仅当$M|_{\sigma}\in EC_L(\sigma)$，从而引入可消除性条件（C）的一个推广。修改C，读作

$$(D)对于任何L使到\tau\in Typ_L, M\in EC_L(\tau)\Rightarrow M|\sigma\in EC_L(\sigma)。$$

可以得到一个更“绝对的”可消除性概念。但是，这个标准是否符合我们对可消除性的直观理解，这个问题仍然需要弄清楚。

（2）理论间的关系。在近一段时间中，科学哲学中大概没有任何课题象理论之间的关系和不可共度性激起了如此之多的讨论和争执。敌对的科学理论总是逻辑上可比较的这个信念在Kuhn、Feyerabend等人的追究下遭受到严重的挫折，虽然已经不是第一次了。

我们来回忆一下，根据经典的看法（例如 Kemeny 与 Oppenheim 1956，Nagel 1961），强理论对应（象理论间的还原）是用简单的演绎模型来解释的。非常笼统地说，如果T'的逻辑后承（不论是观察的还是理论的）可以或者严格或者近似地从T的定律中导出，则认为T'可以（强而完全地）还原为T。如果T与T'是用不同的语言表达的，那么τ'的概念必须首先翻译（如果必要，通过辅助假定）为T的语言。这里，这些理论通常被认定为初等的，相关的推理是在初阶逻辑内进行的，要产生所要求的翻译，最简单的办法是提供明显的、通过τ对τ'-概念的定义。

这个演绎的还原模型，以及沿着这条路线定义的弱一些的理论间关系，是可以批评的，或是根据实用的理由（说明公认的科学还原例子并不能证实这个模型）或者根据理论的理由，例如怀疑它赖以建立的可翻译性这个一般假定。这两种型式的诘难说服了一些哲学家，他们不仅拒绝这种还原论，而且完全放弃了这样

一种观念，即所有敌对的理论对子都能通过它们的内容演绎地联系起来。于是，他们就去寻找可供选择的比较标准。例如，按Feyerabend的分析(特别是见Feyerabend 1970和1977)，不可共度的（即演绎上不相交的）理论只能就它们的简单性、协调性、连贯性、解决问题的数目进行比较，而不能在它们所作出的关于这个世界的互相冲突的论断的基础上进行比较。

结构主义的元科学主张最有意义的贡献之一是对还原这个概念的透彻分析（见Stegmüller 1976，Mayr1976，Balzer与Sneed 1977)。特别是Stegmüller(1976与1979）强有力地论证了这一观点：结构主义还原概念的某种形式将刻画物理学发展过程中在任何一对取代和被取代的理论之间成立的形式关系。

Stegmüller承认敌对的科学理论在通常的意义上可能是不可公度的（逻辑上不相交的)，但他的结论是"我们不是从不可推导性推导出不可还原性，而是要论证一个恰当的还原概念是不能用推理来定义的"(1976，p.216)。在结构主义体系中，不可公度性的传统说法甚至是表达不出来的；理论之间的关系不过是模型之间的形式对应，因此并不产生语言的（不）可翻译性问题。而理论之间没有任何还原的（集合论的）相互关联则构成结构主义对不可公度性的说法（Stegmüller 1979)。

这里，尽管我们在某种程度上遵循了结构主义的观点，但是，当我们用模型的类来表示一个理论的主要成分时，我们并不因此就赞成理论之间的关系仅仅是集合论的对应。因为首先，惯常是以语言学的方式来解释理论之间的逻辑可比较性和概念差异的，其次，加入语义学概念导致一个更丰富的元科学系统。在我们的图式中，翻译和还原都是模型论的概念，因此是逻辑概念而不是抽象的映射。尽管如此，我们对还原的论述与经典演绎模式还是相去千里的。

照我们的看法，不可比较性论题的支持者与反对者之间许多争端都是没根没由的。冲突的核心是对"理论间演绎关系"的理解。一方维护这种演绎关系的存在，另一方却否认其存在。结果表明，给定某些看起来非常可信的假定，对于某个L，结构主义的理论间还原关系的存在实际上在第四节所说的那种意义上产生一个L-翻译。更有甚者，如果按Mayr 的提议理解还原，所诱导出来的翻译保全理论之间的L-后承，因此满足经典可还原性标准的一个推广形式。① 这些结果表明，如果从广义上理解演绎概念，那么甚至模型论对应的某些非常一般的形式也能被认为是确立了理论之间的推理关系。我们对经典的演绎还原图式提出的修改意见所具有的一个可喜后果是保全了下述观念：理论之间的关系是理论之间的逻辑联系问题，而同时又支持了这种看法：并非所有的形式关系都仅限于各类陈述之间的初等推理。②

最后我们要谈到，按照我们的模型，即使两个理论依它们惯常的解释是用不同的逻辑（例如经典逻辑和直觉主义逻辑）表达的，它们也可以是逻辑上相关的。

（3）科学说明、科学推理与非初等逻辑。放宽不同理论之间的推理形式这个建议可以很自然地被推广到同一理论中的各种推理类型。于是，把科学说明的经典演绎-律则（D-N）* 模型（Hempel与Oppenheim 1948，Nagel 1961）吸收到本图式中的时期也成熟了，吸收办法是用L-后承关系去替换演绎这个概

---

① 结构主义还原的这个性质一部分产生于这个事实：这个关系可以被看作是某些结构——当这些结构是L-可定义的时候则满足上述分句(B)——上的代数运算。Pearce(1982b)作了详细的阐述。

② 看来对科学哲学的责难不过是数理逻辑中的一曲陈腔老调。因为大家知道，许多数学理论之间的逻辑关系必须从广义上解释。参见 Szczerba (1980)。也见Pearce与Rantala(1984)。

* deductive-nomological，缩写为D-N；Nomological指具有规律特征而又可误的。——译注

念。按照这种观点，不仅说明式的逻辑形式可以随L中的变化而改变，而且说明式和被说明式之间的推理关系也推广了。类似的观念可以用于最近改进$D-N$模型的一些尝试上。也应该提到Stegmüller的说明论仅仅在表面上是一个非推理模型。由于可以把它纳入结构主义对理论间关系的解释之下，因此，关于科学还原，前面提到的那些保留意见与结果同样够它受的。①

至此，我们极力主张一种观点，按照这种观点，一个理论T是一个抽象的系统，不受任何明显的逻辑解释的约束。每当把一个逻辑L运用于T，就给T指定了一个L-句法和语义学，得出某种类似通常意义上的“理论”的东西。于是，标准的理论概念可以大致解释为理论（其意义是本文所指的）上的演算。毫不奇怪，这种解释类似于当今看待逻辑的方式之一，例如在Barwise（1974）中，逻辑不过是语言范畴上的一个函子。

一个理论不是逻辑上“确定的”或句法上“唯一的”这个观念与人们对普通数学非常自然的看法相差并不远。按照这种观点，支配（比如）自然数及其算术的唯一理论是不存在的；相反，有初阶算术、直觉主义算术、高阶算术等等。因此，比如说，关于经典热力学或粒子力学，认为可以存在一个以上的“理论”难道就更不自然一些吗？

在一定程度上，对数学和经验理论作这样的类比为我们的研究方式提供了一个有用的解说。然而，这个类比还不是完全恰当的。在数学中，把人们的注意力限制到逻辑严密的推理形式上可能是非常恰当的，或者甚至是在所必须的；例如，运用初等逻辑的“精密”性质，用建设性词汇描述一个理论，建立一致性证

① 尽管这里我们不能讨论它们，但在我们看来，一系列与广义的科学推理有关的哲学问题——特别是定理能否被解释为推理特许证这个问题——能够在现行图式中得到澄清。

明，等等。逻辑学家们可以根据各种不同的研究目标自由地运用各种各样的演算。当然，他们的方法的数学丰富性不一定是所选系统的逻辑力量的函数。然而经验理论的目标基本上不同于许多逻辑和数学研究的目标。例如，物理学、生物学和经济学结果的丰富性虽然不是完全地、却是极大地依赖于所使用的方法的概念丰富性和数学力量。①

这个类比似乎是要说，发展理论的科学家，重建与分析理论的哲学家应该有自由弄出许多语言种类、概念类型、逻辑推理形式来，只要能够富有成效地开拓他们的知识范围，即使这意味着脱离经典的或“标准的”逻辑实践与语言实践。在我们看来，这个推论是成立的，不论人们认为科学研究的目的是描述还是预测、说明或甚至是评价。关于这些科学认识内容的测度，其中任何一种都容易从逻辑和数学丰富性的增长中得到好处。②这一点实际上是由下述事实证实的：在数学上较先进的领域，理论科学家通常拿非常一般和抽象的数学结构作运算，很少考虑他们的推演和计算是否能够在某个具体的模式中得到描述。

近几年，哲学家喜爱起初等命题逻辑和量词理论来，即使在元科学和方法论研究中也是如此，这种风气是从哪儿来的呢？看来部分出于理论的动机——如Quine坚持要使用标准语法——但

---

① 显然，甚至在经验科学中，数学与逻辑的精美也有裨益于丰富性和可应用性。

② 明确地说，一个理论T从它的基本逻辑和数学的力量的增长中得益的明显方式有二个：如果$L \leqslant L'$，那么$T_{L'}$(i)具有在L中不可表达的后承，因为一般地$T_L \subseteq T_{L'}$，因此使用L-后承关系来测度T的内容显然有益；(ii)通过使用一种不能在弱些的语言中形式化的技术解决可以在L中表达的问题。后一种得益方式的一个惊人例子是Brown与Robinson(1975)运用非标准分析解决了经济学中一个百年老难题、这个难题叫作“Edgeworth猜想”。

就经验科学而论，研究简单性、协调性和其他值得向往的“理论”性质是如何与各种不同强度的逻辑和数学图式相联系的，这是一个重要的元科学任务。例如，在科学方法论中，“简单性”显然不等于“逻辑简单性”。

更多的是出于语用学的动机——由于使用的语言没有简洁的句法和完整的语义学而产生的困难。不用说，我们不同意理论方面的理由，并发现以语用学为根据的论证大都过时了。当代对模型论的语义学最重要的研究工作中，许多都关系到拥有无穷长的表达式或广义量词、或运用了无穷多的证明规则的语言。这些语言中，有一些就象二十五年前经典逻辑或初等模型论那样得到了明确的理解。认为在元科学领域内使用它们比早期的初等逻辑需要更多的辩护，看来是没有充分理由的。毫无疑问，许多逻辑学家起初是不愿使用无穷程序的，Carnap（1937）似乎头一个提议使用无穷多的证明规则（所谓ω-规则）①，这项提议只是在后来才得到了广泛的接受。今天，逻辑学家们使用语言，对于它们，公式这个概念并不是递归的，他们并没有感到不舒服。②

六、总结和展望

在结束语里，总结一下我们认为现行图式的主要优点是什么。首先，它允许"理论"可以用不止一种逻辑公理化，而选择哪种逻辑是自由的。这不仅考虑到许多科学理论是不可能或很难用初等词汇来重建的，也考虑到对所喜爱的逻辑的最后选择可能受到理论之外的（如哲学的、方法论的）标准的影响。其次，它表明一系列元科学概念可以在抽象逻辑这个广义系统中以自然的方式阐明，而且广义模型论的结果可以用来研究这些概念的语义

---

① Barwise(1980)概述了无穷逻辑的历史并介绍了这门学科的范围。

② 可以说，因为在这里我们的方针是提倡自由选择逻辑手段，提议扩充推理和演绎的初等形式，所以我们也可以回到Carnap常常赞赏的那种强类型逻辑上去。尽管可以证明这种逻辑对于元科学是充分有力的逻辑，我们避开它的主要理由如下：我们主张的是要用各种逻辑的多样性来研究一个理论T的元理论，这种选择是由具体目标决定的。

性质。第三，它提供了各种逻辑的作用在元科学领域内得以比较的方式。例如，如果M是一些结构（它们把握了典型科学理论的定律）的集合，那么，重要的就是确定哪种逻辑能够最恰当地把类M刻画为L-初等的。关于元科学中独特的L-概念，L的"值得向往的"性质也是同样有意义的。例如Beth性质是接接可定义性的句法形式与语义形式的工具，满足内插性质则可借助于前面提到的结果把握理论间关系的本质，等等。

要给这些议论所建议的研究纲领指定一个有意义的进步测度，还须要下很大的功夫。严格地说，这里所设想的广义元科学确实把整个抽象逻辑作为一个成分包括在内。它构成元科学的一个固有部分表明剩下来的重要成分如果不完全是自立的，那就是专门处理经验理论的，因此对于广义上的科学哲学具有特别重要的意义：它强烈要求澄清和阐明处于"纯"逻辑领域之外的一系列的概念。① 尽管这任务很艰巨，但并不比孕育了这项使命的宏伟的科学大厦更叫人感到害怕。

参考文献

Abams, E.W.:1959 "The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Dervation of Its Law From Those of Particle Mechanics", 载于 L. Henkin, P. Suppes与A. Tarski (eds), *The Axiomatic Method*, North Holland, Amsterdam, pp. 250—265.

Balzer, W.: 1976 *Empirische Geometrie und Raum—Zeit—Theorie in mengentheoretischer Darstellung*, 讲演, Munich.

Balzer, W.与Sneed, J. D. : 1977, 1978 "Generalized Net Structure of Empirical Theories" I and II, *Studia Logica* 36, 195—211与37, 167—194.

Barwise, K.J. : 1974, "Axioms for Abstract Model Theory" Ann. *Math.Logic*, pp. 221—265.

① 读者也应该研究Van Benthem(1982)，这篇文章对科学哲学中逻辑方法的用途作了出色的概括和有力的辩护。

Barwise, K.J.:1975, *Admissible Sets and Structures*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.

Barwise, K.J. : 1980, "Infinitary Logics" 载于E. Agazzi(ed.), *Modern Logic-A survey*, D.Reidel, Dordrecht, pp.93—112.

Benthem, J.van:1978, "Ramsey eliminability", Studia Logica 37, 321—336.

Benthem, J.Van: 1982,"The Logical stuby of science" *Synthese* 51 431—472.

Brown, D. J. 与Robinson, A.: 1975, "Nonstandard Exchange Economies", *Econometrica* 43, 41—55.

Carnap,R.: 1937,*The Logical Syntax of Language*, Routledge and Kegan Paul, London.

Carnap, R.: 1958, "Beobachtungssprache und Theoretische Sprache" *Dialectica* 12, 236—248.

Chang, C.C.: 1974,"Model Theoy 1945—1971" 载*Proceedings of the Tarski Symposium*.

Dalla Chiara, M.L.与Toraldo di Francia, G.: 1973, "A Logical Analysis of Physical Theories" Riv, Nuov. Cim. 3,1—20.

Feferman, S.: 1974, "Two Notes Abstract Model Theory", I, Fund. Math.82, 153—165.

Feyerabend, P.K.: 1970, "Against Method" 载于N.Radner与S.Winokur (eds.), *Minnesota Studies in Philosophy of Science*, Vol.4, Minneapolis, pp. 17—130.

Feyerabend, P. K.: 1977, "Changing Patterns of Reconstruction", Brit.J.Phil. Sci. 28, 351—369.

Gaifman, H.: 1974, "Operations on Relational Structures, Functors and Classes" I, 载于L.Henkin等 (eds.), *Proceedings of the Tarski Symposium*, AMS Proc. Pure Math. 25, 21—39.

Giedymin, J.: 1980, "Hamilton's Method in Geometrical Optics and Ramsey's View of Theories", 载于D.H.Mellor (ed.), *Prospects for Pragmatism*, Cambridge University Press, Cambridge.

Hampel,C.G.与Oppenheim, P.: 1948, Studies in the Logic of Explanation", Phil. Sci. 15, 135—175.

Hintikka, K.J.与Rantala, V.: 1976, "A New Approach to Infinitary Languages", Ann. Math. Logic, 10, 95—115.

Kemeny, J.G. 与Oppenheim,P. : 1956, "On Reduction"philosophical studies 7, 6—19.

Makkai, M.: 1977, "Admissible sets and Infinitary Logic" 载于J.Barwise (ed.)*Handbook of Mathmatical Logic*,North-Holland, Amsterdam, pp. 233—281.

Mckinsey.J.C., Sugr, A.C. , Suppes, P.:1953, "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", J.Rat. Mech, & Analysis 2, 253—272.

Mayr, D.: 1976,"Investigation of the Concept of Reduction" I, Erkenntnis 10, 275—294.

Monk, J.D.: 1976, *Mathematical Logic* Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin.

Montague, R.M.: 1962, "Deterministic Theories" 载于N.F.Washburne (ed.), *Decisions, Values, and Groups*. Pergamon Press, Oxford.

Moulines, C.U.: 1976 a *Zur Logischen Rekonstruktion der Thermodynamik* 讲演, Munich.

Moulines, C.U.: 1976b, "Approximate Application of Empirical Theories: A General Explicaaion" Erkenntnis 10, 201—227.

Moulines, C.U.: 1980, "Intertheoretic Approximation: The Kepler-Newton Case" Synthese 45, 387—412.

Nagel, E.: 1961, *The Structure of Sciene* Routledge and Kagan Paul, London.

Neumann, J.von: 1955, *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton University Press, Princeton.

Niiniluoto, I.: 1980, "The Growth of Theories: Comment on the structuralist Approach" 载于J. Hintikka, D. Gruender, 与E. Agazzi (eds.)*Pisa Conference Procesdins*, Vol. I, Dordrecht, pp.3—37.

Oikkonen, J.: 1981, "On the Expressive Power of Game Sentence" 即将出版。

Pearce, D.: 1981a, "Is There Any Theoretical Justification for a Non-statement view of Theories" Synthese 46, 1—39.

Pearce, D.: 1981b, "Comments On a Criterion of Theoreticity", Synthese 48, 77—80.

Pearce, D.: 1982a Review of Stegmuller (1976) and(1979), J. Symbolic Logic 47,69—75.

Pearce, D.1982b, "Logical Properties of Structuralist concept of Reduction" Erkenntnis 18, 307—333.

Pearce, D. 与 Rantala, V.: 1983a, "Correspondence as a intertheory relation" ,Studia Logica, 即将出版。

Pearce, D.与Rantala, V.: 1983b, "The Logical Study of Symmetries in Scientific Change"载P.Weingartner与H.Czermak (eds.), *Epistemology and Philosophy of Science*, Vienna.

Pearce, D. 与Rantala, V. 1983c, "Ramsey Eliminability Revisited" Communication and Cognition, 即将出版。

Pearce, D.与Rantala, V.: 1984"A Logical Study of the Correspondence

Relation" 即将出版。

Przetecki, M.: 1969, *The Logic of Empirical Theories*, Routledge and Kegan Paul, London.

Przetecki, M.与Wojcicki, R.: 1969 "The Problem of Analyticity" Synthese 18, 374—399.

Ramsey, F.P.: 1978, "Theories" 载*Foundations. Essays in Philosophy, Logic, Mathematics and Economics*, D.H.Mellor (ed.).London.

Rantala, V.: 1976, "Definability Problems in the Methodology of Science" 载M.Przetecki, K.Szaniawski与R. Wojcicki (eds.), *Formal Methods in the Methodology of Empirical Science*, D.Reidel, Dodrecht, pp.170—187.

Rantala,V.: 1977,*Aspects of Difinability* (Acta. Phil. Fenn. 29)North-Holland, Amsterdam.

Rantala, V.: "1978, The Old and the New Logic of Metascience", Synthese 39, 233—247.

Rantala, V.: 1979, : Correspondence and Nonstandard Models: A Case study" 载I.Niiniluoto与R.Tuomela (eds), *The Logic and Epistemology of Scientific Change* (Acta. Phil. Fenn. 30), North-Holland, Amsterdam, pp.366—378.

Rantala, V.: 1980, "On the Logical Basis of the Structuralist Philosophy of Science" Erkenntnis 15, 269—286.

Rantala, V.: 1981, "Infinitely Deep Game Sentence and Interpolation," 载I.Pörn (ed), *Essays in Phiosophical Analysis*(Acta. Phil. Fenn. 32), Helsinki, pp.211—219.

Redhead, M.L.G.: 1975,"Symmetry in Intertheory Relations" Synthese 32, 77—112.

Rubin, H.与Suppes, P.: 1954, "Tranformation's of Systems of Relativistic Particle Mechanics" Pac.J.Math, 4 563—601.

Simon, H.A.与Groen, G. J.: 1973, "Ramsey Eliminiability and the Testability of Scientific Theories" Brit. J. Phil. Sci.24, 367—380.

Sneed, J.D.: 1971, *The Logical Structure of Mathematical Physics*,D. Reidel, Dordrecht.J. Stegmuller, W.: 1976, *The structure and dynamice, of Theories*, Springer-Verlag,New York-Heidelberg-Berlin.

Stegmüller W.: 1979, *The Structuralist Uiew of Theories* Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin.

Svenonius, L.: 1965, "On denumerable Models of Theories with Extra Predicates", 载J.W.Addison, L.Henkin与A. Tarski (eds.), *The theory of Models*, North-Holland, Amsterdam, pp.376—389.

Swijtink, Z.: 1976,"Eliminability a Cardinal"Studia Logica 35, 73—89.

Szczerba, L.W.: 1980,"Interpretions with Parameters", ZML 26,35—39.

Tuomela, R.: 1972, "Deductive Exiplanations of Scientific Laws", J. Phil. Logic. 1, 369—392.

Tuomela, R.: 1973, *Theoretical Concepts*, Springer-Verlag, Wien-New York.

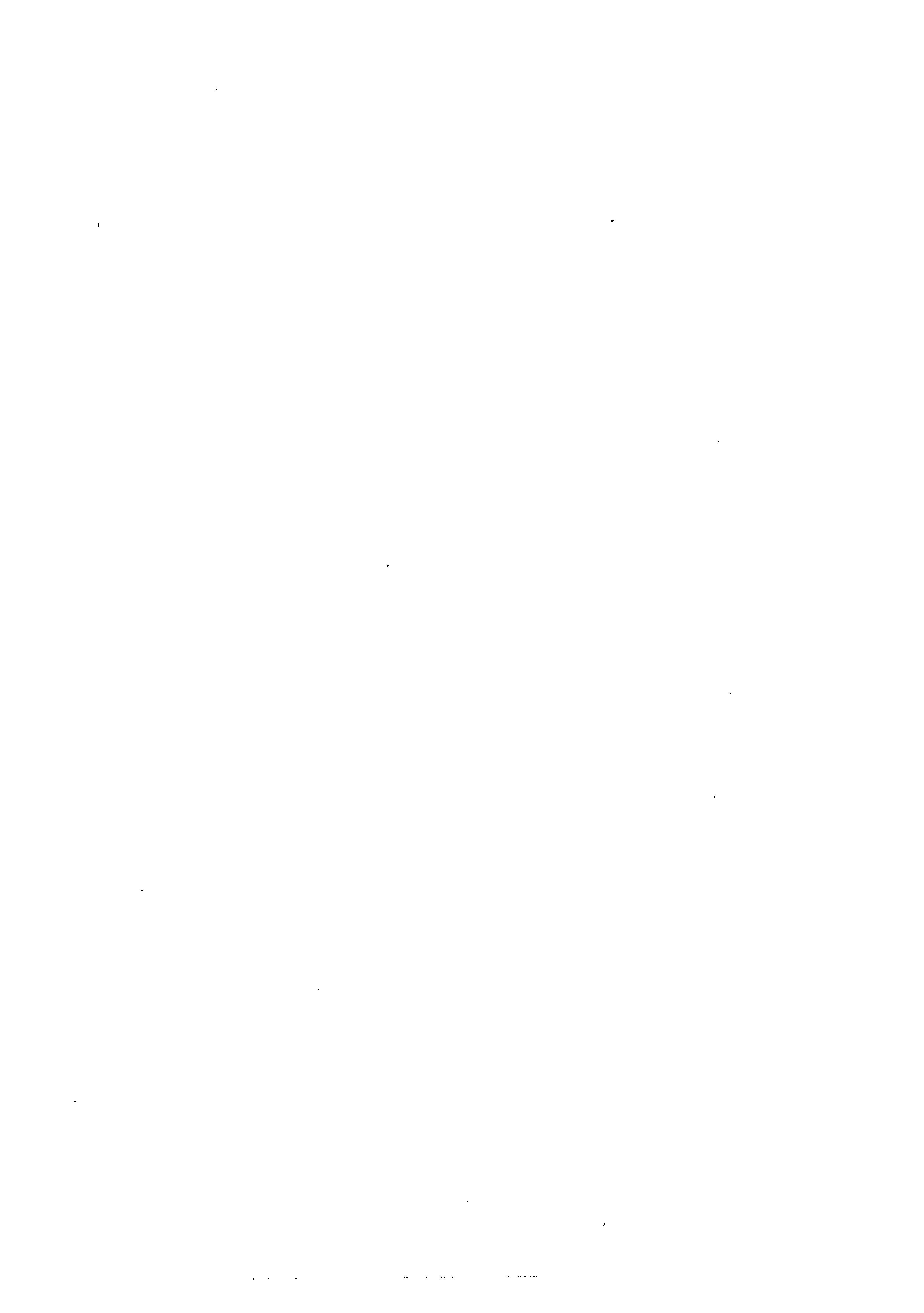
Williams, P.M.: 1972, 1973, "On Concervative Extenions of semantical Synthems Synthese 25, 398—416.

朱志方 译

王小光 校

第 四 篇

其　　他



埃尔兰根学派：对其基础研究纲领的评注*

Stig Alstrup Rasmussen

近年来，科学哲学中所谓的Erlangen学派在德国哲学中取得了显要的地位。该学派主张重建科学，有理由认为这种重建概括了Paul Lorenzen在50年代和60年代期间对数学基础所做的研究。最广泛地说，该学派宣扬恢复对科学的辩护主义态度。在这一方面，该学派相信自己不同于以Popper和Kuhn的研究为基础的当代分析科学哲学中的那些占统治地位的趋势。该学派认为，这些分析哲学家放弃了一切"辩护"科学知识的努力，这必然导致"历史主义"。① 因此，由于同样的原因，该学派所引起的任何兴趣在很大程度上都将是由于它自觉地坚持应给予科学以严格意义上的辩护("Letzbegründung")。

可以说，该学派是在德国先验哲学的传统中进行研究的。但在关注语言问题方面，它却背离了传统的先验哲学；这种关注据

---

* 译自：*Danish Year-Book of Philosophy*[《丹麦哲学年鉴》]，Vol. 18(1981)，pp. 23—44. 作者选用"基础的研究纲领"[foundational programme]这一术语的意图，见本文第III节。——译注

① J. Mittelstrass, "Historische Analyse und Konstruktive Begründung"["历史的分析与构造性的辩护"]，in K. Lorenze, *Konstruktionen versus Positionen*[《构造与观点》]，Vol. 2, Berein/New York, 1979.

说是由后期Wittgenstein的研究所激起的。

Erlangen学派的基础的研究纲领是试图在前科学的日常实践("Praxis")的基础上制定重建科学的方针，据说科学为这种实践设计"指导"理论。这些实践据说在两个方面为科学提供基础。第一，任何特殊科学的按照方法的奠基("Begründung")据说都决定性地依赖于它们。第二，它们应在规范的意义("Recht-fertigung")上为关于科学的任何辩护提供一个必不可少的前提。J.Mittelstrass明确强调了该学派关于基础的研究纲领的这一双重特点，以及在贯彻该纲领中所涉及到的前科学实践的两种方式。按照Mittelstrass对这个问题的看法，能够最终在局部"合理的"前科学实践基础上进行重建，这对任何科学理论都是一个限制性要求。进行这种按照方法的重建的可能性应该不仅对作为整体的某种科学构成一限制性要求，而且应该对它的每一有方法的步骤也构成一限制性要求。这些原则概括为一个口号：前科学实践构成了科学的规范基础或"实践"基础。①

这种重建采取的形式是有方法地引进研究中所运用的术语和推理模式。与各种科学学科的目的和任务的可辩护程度有关的那些考虑支配着这种引进。换句话说，这种重建被认为是由规范的要求获得信息的，这看来就是该学派的成员们所经常表达的那种信念的理由，即与"理论"理性相比，"实践"理性是首要的。②

该学派谈到另一个Kant的论点：相信先天综合命题。这种命题据说有两种主要的类型。该学派的多数拥护者看来都认为数

---

① J·Mittelstrass, "Das praktische Fundament der Wissenschaft und die Aufgabe der Philosophie", ["科学的实践基础与科学的任务"], in F. Kambartel & J·Mittelstrass, *Zum normativen Fundament der Wissenscnaft*, [《论科学的规范基础》], Frankfurt a.M., 1973.

② 同上书，P. 25.——原注

学（即算术、分析、集合论、代数和拓朴学）真理是形式的先天综合真理，而被称为"原物理学"["protophysics"]的物理学基础学科，则据说产生了实质的先天综合真理。① 前一种真理据信是在通晓诸如那些支配数的构造的规则的基础上先验地确立的，而后一种类型的真理则被认为能够由前科学的"技术"实践导出而得到辩护。这些技术实践被认为是由根据预先设计来制造物理对象的熟练技艺所组成的：尤其是由把空间形式赋予这种对象时的熟练技艺所组成的。如下所示，原物理学的任务据认为是物理理论的构造提供前理论的基础，即为实验仪器规定先验的限制性要求，从而按照推测赋予测量概念以及与日常经验相对的物理经验（"Erfahrung"）的概念以确定的内容。换句话说，原物理学应告诉我们什么是好的实验方案以及什么可认为是客观的测量。由于在物理学中至少有三种基本类型的测量，即长度、时间和质量，原物理学至少包含三门相应的子学科，分别叫做"几何学"、"测时学"和"物质测量学"["hyhometry"]。②

下面我们有时将要提到几何学实例，因而评论一下该学派对几何学的看法也许是适当的。如上所示，该学派认为几何学产生了关于长度测量和对空间关系及形式的实验确定的先天综合真理。因而，该学派怂恿我们认为可从被假定隐含在前科学技术实践中的同质性[homogeneity]"公设"（或"规范"或"原则"）所导出的几何学是Euclid几何学，这是令人惊异的。因此，按照这种观点，Euclid几何学适用对人造物，包括长度测量中所运

---

① P. Lorenzen & O. Schwemmer, *Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie*[《构造的逻辑，伦理学与科学论》]，Mannheim, 1973. p.171.

② 同上书，p.162.

用的物理仪器这个特例，这是一个先验真理。① 这个似乎离奇的论点的引起争论的含意下面还要论及。

本文的主要目的是对该学派的一般纲领提出质疑，我将论证下列论点。

（1）该学派的科学依赖于前科学实践中的规范基础这一中心论断包括四个不同的子论点，并在很大程度上是合并了这四个不同的子论点而发展的。在下面第Ⅰ节中称这四个子论点为(A)—(D)。正如我们将会看到的那样，其中两个论点几乎没有内容，第三个论点是不足道的，第四个论点除非也将其解释为空洞的，否则便几乎肯定是谬误的。

（2）同且，前科学实践这个概念本身就是含混的：我将论证，这种含混性会使科学依赖于先验基础这一论断要么空洞无物，要么极不可能。如果可使这一反对成立，很明显，Erlangen学派的基础研究纲领本身就极缺乏基础。

（3）第三，该学派充分利用了“Begründung”②这一概念的含混性。这种含混性几乎使该学派不可能区分意义问题和真理问题。我要指出这种情况败坏了目前的整个Erlangen纲领。

我们将按上述顺序分别在1—4中考虑(1)—(3)。因此现在我们来考虑(1)。

一

Erlangen学派要我们同意，科学哲学的一个关键任务是弄

① P.Lorenzen, “Das Begründungsproblem der Geometrie als Wissenschaft der räumlichen Ordnung”(“作为空间秩序科学的几何学的辩护问题”), in P·Lorenzen, *Methodisches Denken*(《按照方法的思维》), Frankfurt a.M, 1974, 和P.Lorenzen & O·Schwemmer的前引书, pp.163—168.

② “Begründung”在德文中有两个含义，即“辩护”（justification）和“奠基”（founding）。参见本文第III节。——译注

清科学的规范基础。实际上，该学派把规范的科学哲学与描述性的科学哲学之间的区分提高到了哲学中主要分界线的地位。[1]如上所示，分析的科学哲学被指责为满足于描述现有的科学实践，因而据说实际上将其认可为合理性的规范。同样，该学派坚持科学哲学只有在它保有指示潜力时，才仍然是哲学。

如上所述，我相信科学依赖于规范基础这一教条包含了四个不同的子论点。我们可将这四个论点称为(A)-(D)，并依次予以考虑。

（A）该学派相信科学哲学的主要目的之一是在某种适当的、为人熟悉的"方法论规则"的意义上规定方法论规则。例如，当Mittelstrass责备分析的科学哲学在成为"历史主义"牺牲品过程中，以科学史中的偶然事件的实例研究来代替真正的哲学时，[2]这看来是恰当的。现在，Kuhn看来无疑时常使自己遭到这种责难；但是，若把Mittelstrass的批评说成是对整个分析的科学哲学的反对，他的批评便根本不切题。[3]分析科学哲学家常常反对以科学哲学来规定科学家如何从事他们的工作，这一警告的要点通常并不是说没有方法论规则这种东西，也不是说它们没有指示力，而是说，若没有彻底的历史实例研究，我们便不会找到似乎可信的方法论规则。

（B）另一个子论点宣称研究同任何其他人类活动一样，须按照道德和政治的理由予以估价。研究的全部分支以及特定的研究纲领，须按照它们对于可独立辩护的现有实践的说明能力来加

---

① P.Janich F·Kambartel & J·Mittelstrass, *Wissenschaftstheorie als Wissenschaftskririk*(《作为科学批判的科学论》), Frankfurt a. M., 1974, p.22.

② J.Mittelstrass, *Historische Analyse und Konstruktive Begründung*, p.256和P.266.

③ 同上书，p.263.

以评价。这一教条出现在Mittelstrass的著作中；[①] 但是，Lorenzen在早先的一篇论文中提出了基本上相同的论点，这篇论文明确地把数学基础的争论看成道德问题。[②] 有点令人惊讶的是，Lorenzen认为所有“先验的”数学都是道德上应受指责的文字游戏。不用说，受到这种指责的数学部门是那些利用构造主义方法所无法俘获的部门，在集合论中利用选择公理就是一个恰当的例子。

无疑表达了一种关于研究政策的看法，其要点是科学与其他要求占有为数有限的资源的社会事业进行竞争，这种竞争产生了一种要求，即要求科学必须保证本身在道德上有权占有这些资源。这看来至少是Mittelstrass的意图的一部分；但由于该思想几乎不会引起争议，对此我将不再进一步考虑，只是指出Mittelstrass所表述的细节是很不清楚的。[③]

（C）说科学在前科学实践中拥有一规范基础的第三种意义则更直接地与该基础的研究纲领本身联系在一起。如上所示，该学派相信某门科学的重建涉及到“有方法地”引进该科学所需要的理论术语和论证模式。这种重建必须以非循环的方式和明确的步骤进行，其中每一步都要能够按照该科学的任务和目的予以辩护。[④] 该学派要我们相信，这也就是对研究的一种规范的限制性要求。

---

① J.Mittelstrass, *Das praktische Fundament der Wissenschaft und die Aufgabe der Philosophie*, pp.38—39和47—48.

② P.Lorenzen, "Moralische Argumentation im Grundlagenstreit der Mathematiker"〔“数学家基本争论中的道德论证”〕, in P.Lorenzen, *Methodisches Denken*, p.152.

③ J.Mittelstrass, *Das praktische Fundament der Wissenschaft und die Aufgabe der philosophie*, pp.38—41 和 47—48.

④ P.Lorenzen & O.Schwemmer, 前引书, p.10.

在这一点上，"规范的"是什么意思？几乎没有人打算同意不太精确清楚地使用语言实际上在道德上是不对的，但该学派所提议的"理性"或"超主观性"的原则却禁止这样使用语言。[1] 鉴于这两个事实，很自然会把（C）解释成这样的论点，即术语的引进要受如下两个限制性要求的支配：(i)在语言中引进这一术语的意义[point]是明显的；(ii)该术语的可学习性要得到保证。

当然，该学派业已发表的著作中所提出的多数例子似乎只涉及到(i)和(ii)，因为这些例子意在使所推荐的这种术语引进成为本身完全符合于论点(C)的典型。例如，Lorenzen引进逻辑常项是由规定这些逻辑常项在"合理对话"中的应用规则而入手的，这些对话涉及到这些常项在其中出现的那些句子的真假。Lorenzen实际上满足于指出，他所喜爱的程序清楚地表达了这样引进的常项与相应的表达式在日常语言中的使用这二者之间的联系。[2] Lorenzen看来会作出这样的推论，他的程序允许我们根据与运用该常项的意义有关的那些考虑来估价所提出的规则，而在这一方面，他的程序优于那些为人们更为熟悉的程序，这些程序要么运用真值表，要么运用Tarski式的同音异义的元语言T-语句表。

当然，涉及到谈话的一部分或全部，哪种逻辑支配着我们所做的推理，这不是无关轻重的问题。这就说明了为什么当我们所使用的术语是逻辑常项时，坚持对该术语进行辩护具有明确的意义。实际上，Lorenzen 的提议看来是要表明有可能发人深思地重新阐明古典数学与直觉主义数学之间的斗争。[3] 然而，对于引进自然语言的其他术语能否有所说的这种意义上的辩护这种东

---

① 同上书，p.115.
② 同上书，p.43.
③ 同上书，p.52.

西，仍然是可以怀疑的。问题在于，用什么东西才有可能解释我们的语言拥有"狗"这个词的意义？对此似乎只能说我们希望能把狗与其他动物分开。如果不对我们所引进的这个术语的指称提出特定的问题，尤其是关于存在和可理解性[accessibility]的问题，那么，在我们现在所考虑的这个术语的意义上要求"辩护"看来就是没有价值的。也就是说，只有在没有任何明显有效的程序以决定这些术语在其中出现的那些句子的真值的情况下，辩护要求才有意义。用该学派的话来说就是，只有在这些术语涉及到"抽象"和/或"观念化"的情况下，我们才断定辩护要求有意义。数学术语和原物理学术语就是恰当的例子。①

把上述辩护要求说成是对术语引进的一般限制性要求，该要求便因而无效了。它降低为这样一个无力的戒令：不要使用以不当的动机来运用的术语或未经充分阐明的术语。这一要求无疑很可能被经常违反；但从一种哲学观点来看，这实质上使它同样空洞。还有这样一个我并不怀疑的事实，即该学派在特殊例子中遵守这一要求的方式可能有无关的重要性，不足以赋予作为术语引进的普遍限制性因素的上述要求以重要性。

无论如何，把这一要求看作一规范要求的意思是什么，仍不清楚。众所周知，德国人习惯于在宽于其他人所自然形成的意义上来使用这个概念，当这个概念用于该学派的著作中时，这一点是很清楚的。Lorenzen和Schwemmer在权威性地评述该学派时，以这样的方式来定义"规范"，Lorenz Krüger将其译成如下的日常德文：②

---

① 同上书，p.140和p.165.

② 同上书，p.90 和 L·krüger, "Wissenschaftstheorie zwischen Stühlen?"〔"两头落空的科学论?"〕, in K.Lorenz, *Konstruktionen versus Positionen*, Vol.2, p.380.

一种规范[是]为充分确定的事实情况所规定的行为指示。

Krüger指出，这使得规范应如何——如果可能的话——区别于约定模糊起来了。①我还要进一步指出，Lorenzen把算术的构造规则当成规范，原物理学的同质性原则也经常被冠之以规范，这显然是以其"理想"特征为根据的。②③因此，我们碰到了对"规范"的一种极为广泛的使用，这必然影响到与其同源的"规范的"一词的使用。

我们断定子论点(C)未能成为自诩有明确的非琐屑内容的论断。另外，我们最好强调一下，(C)中所说的"规范"和"规范的"意义与道德问题毫无关系。

当然，如果我们加强辩护的要求，就可能避免本结论。实际上，我们发现甚至当引进一个术语并伴有一个明确说明引进该术语的意义的陈述时，该学派的代表人物似乎也经常发现不能遵守该要求。相反，真正的辩护不得不求助于人类需要，在最后的分析中可能表明运用该术语有助于人类的需要。这种分析被说成"规范的"或"批判的起源"。本文没有篇幅讨论这一思想。

这里，我们可以把对(C)的讨论总结如下。要求在"辩护"的真正规范意义上为术语的引进作"辩护"是否有意义的问题，是一个有待于回答能否证明使用该术语有意义的问题。(a)如果可以证明使用它有意义，该学派坚持的说法，即该术语的使用可能不当，就必须予以否定。(至少当可以证明该术语产生了事实上的矛盾时，这便是妥当的。)(b)另一方面，如果该术语没有意义，

① L.Krüger，前引书，pp.380—381.

② P.Lorenzen, *Moralische Argumentation im Grundlagenstreit der Mathematiker*, P.161.

③ P.Lorenzen & O.Schwemmer，前引书，p.170.

那么，只有当我们准备支持一种认为在道德上不应过多地或琐碎地区分语言这样一种道德原则时，才能够讨论转向该学派所赞成的这个结论：即该术语的引进就是在道德上可反对的。若没有这样一种原则，由这个术语没有意义所能推出的只是使用它是无意义的，这似乎是一个不足道的结论。可是，为一较强结论所必需的这一道德原则看来是难以置信的，我不知道该学派的支持者在什么地方为支持这一原则作过论证。

（D）科学应该需要规范基础的第四种意义已经作了表述。科学据说建立在由构造规则、同质性原则等所组成的基础上，即建立在多方面收集了据说隐含在前科学实践中的特性的各类规则的基础上。如上所示，该学派把这种规则视为规范；当该学派被认为为科学要求规范基础的时候，这些规范就经常成了所指的东西。①

关于这种原则在任何有趣的意义上是规范的这一说法的不可能性已经说得够多了。然而，一旦我们不理会规范性，子论点(D)就不过是这样的论点：即数学建立在构造规则的基础上，物理学建立在同质性原则的基础上，等等；也就是宣称科学享有某种先验的基础，无论其是否是规范的，在第II节中，我论证除非把原物理学纲领削弱到空洞的程度，否则对物理学基础的这种看法就会带来某些我们大多数人倾向于认为不能接受的后果。然而，在本文中，我不能研究关于任何其他科学的情况。只要说我预感该学派的纲领就数学而言很可能会实现就行了。如果这样的话，鉴于最好将该纲领视为对原先适用于数学的观点的一种概括这个已经提到的事实，也许这就不会使人惊奇了。

① J. Mittelstrass, *Das praktische Fundament der Wissensenschaft und die Aufgabe der Philosophie*, pp.50—57.

二

至此所说的对该基础研究纲领还没有什么威胁。如果接受了我所说的各点，随之而来的不过是在任何合理的意义上、尤其是在任何与道德有关的意义上，都不能说科学的基础是规范的。但是，这个论断显然无论如何不如我们仍必须予以考虑的那个论点重要，即科学依赖于在某种意义上由前科学实践所导出的先验基础。换句话说，根据空洞或不一致来拒斥该学派的辩护方案，显然完全没有影响该学派的基础研究纲领。然而，在本文的其余部分，我打算正面批评该基础研究纲领本身。

我们所要考虑的是这样一个论断，为了简便起见，我称其为论点F：

> 论点F：科学在前科学实践中有一先验基础；任何表面的学问分科与这一要求相冲突便达不到真正的科学地位。

面对这一论断，人们很自然地期待它的持有者对它提供某种应当作出的解释；"先验的"、"基础"或"前科学实践"所指的东西毕竟几乎不能认为是不解自明的，然而，该学派事实上没有提供任何这样的解释。

试图推测该学派心目中的所指，人们感到有信心猜测不应该认为"前科学实践"(或换句话说，即据说我们"始终"经历的那种"生活"，无论它是否与科学理论的建立有关）仅仅是任何一种古老的前科学活动。那么，什么是前科学实践呢？显然是那些体现了某种基本人类能力及运用这些能力的结果的东西。这样，论点F可能就会被理解成这样的教条：科学享有一种由这种基本"生活实践"所构成的先验基础。①

① J. Mittelstrass, *Historische Analyse und Konstruktive Begründung*, pp.273—274. ——原注

前科学实践的某些部分比另一些更基本，在这一意义上，前科学实践被认为是有结构的，其中最基本的成分据说是我们作出某种说话行为的能力，这种行为即判断，对某事说些什么。[①] 这种能力被认为在任何事情的"辩护"中都是被预设了的，对它本身不能进行任何辩护，或者说将其作为一种推断的基础。该学派为这一结论所作的标准论证大致如下。按照世界的本身来谈论世界是毫无意义的，如果这是指世界完全不依赖于我们对它的判断力的话。因为，判断是我们区分一事物与它事物的能力的基础，因而是发现我们在世界中的关系的能力的基础。[②]因此，用Mittelstrass的话来说，我们的判断能力被称作是"Unterscheidungs-Apriori"（"先验的区分力"）。[③]

因此，任何科学都预设了我们的说话能力。然而，每一组科学学科都依赖于它所特有的进一步的预设。这些特定的预设也自然被说成是依赖于某种前科学实践。因此，例如，数学预设了计数实践以及使用数字和其他符号的能力。物理学预设了我们的基本技术实践，这些实践形成了原物理学的基础。Mittelstrass把我们基本实践中的这种成分叫作"Herstellungs-Apriori"（"先验的制造"）。[④]

该学派对基本实践的成分所作的这种解释包含着严重的含混。这不仅表现在Mittelstrass的研究中，而且表现在Lorenzen本人的研究中。[⑤]以判断为例，Mittelstrass所说的基本的判断

---

① J.Mittelstrass, "Die Prädikation und die Wiederkehr des Gleichen"（"判断与同一性的再现"），in J.Mittelstrass, *Die Möglichkeit von Wissenschaft*（《科学的可能性》），Frankfurt a.M, 1974.

② 同上书，p.160.

③ J.Mittelstrass, *Historische Analyse und Konstruktive Begründung*, p.270.

④ 同上书，p.272.

⑤ P. Lorenzen, "Methodisches Denken"(I), in P.Lorenzen, *Methodisches Denken*.

实践有时似乎指的只是进行判断的能力。某些判断可被视为在某种绝对的意义上是最基本的这种观点是不堪一击的。因为，何为最基本的，这是我们运用自己的判断能力的方式的问题，而我们如何运用这种能力在很大程度上是任意的。该学派关于基本实践学说中的这种约定主义倾向非常适合于重建语言的方案。这种约定主义尤其表现在Mittelstrass的"论文判断与同一性的再现"中。①

然而，在其他地方，约定主义几乎不见了；在论述与意义问题相对的真理问题的段落中尤其是这样。②现在，判断似乎被认为是我们在特别原始的实例中运用我们作出判断性说话行为的能力的结果。对这个问题的这种论述在Mittelstrass的文章"经验与辩护"中占有重要地位。在这篇文章中，所说的实践据说相当于基本陈述所表达的基本知识。我们得知这种知识体现了一种前科学的"lebensweltlich"["现实生活的"]经验，它必然构成任何健全的基础研究纲领的出发点。③

实践概念中的这种含混性对Erlangen纲领有戏剧性的后果，因为无庸赘言，它潜入了论点F，使得论点F易于受到大不相同的各种解释。想象研究预设了我们的判断能力，这是合理的；与此相似的某些东西也可以被合理地认为适用于各种科学学科的特殊预设。(对此至少我不会怀疑。除非人拥有某种基本技术技能，否则他很可能无法进行实验；一个不能进行简单计算的人在研究数学方面不会有很大的进展。)因此，该论断的困难不在于它是错

① In J.Mittelstrass, *Die Möglichkeit von Wissenschaft*.

② 参见第III节。

③ J.Mittelstrass, "Erfahrung und Begründung"["经验与辩护"], in J.Mittelstrass, *Die Möglichkeit von Wissenschaft*, p.63和J.Mittelstrass, *Historische Analyse und konstruktive Begründung*, p.269.

的，恰好相反，困难在于它的空洞。无疑，只要我们转向刚才加以区别的另一种解释，该论断便具有了内容。因为我们现在所拥有的是这样一种说法，即科学知识（或科学实践，或二者兼而有之）预设了一种基本知识，这种基本知识是不易因未来的研究而改变的，因而可将其说成是先验的。现在事实正好与此相反。这一论点无论是否恰当地用先验性来表达，显然都是一个吸引人的重要论点：但困难在于找出认为它实际上为真的理由。

实际上，近来该学派的一些著作反映出这样的怀疑，即刚才归功于该学派的那个论断太强了，以致不可信。① 因此，我们有理由寻求较弱的解释。但让我们先简单地讨论一下较强的论断。无疑，该基础研究纲领原先是按照较强的论断的路线来设想的。当这个较强的论断遭到质疑时，对本文早先提到的该学派关于科学学科的分类逐渐产生了怀疑。如我们所见，这种分类依赖于这样的信念，即原物理学提供先天综合真理。原物理学所涉及的是不易因未来研究而变的陈述，而上述信念并不含有这一想法，对于上述信念，我们可以赋予它什么适当的意义呢？

至于长度测量的理论，我们注意到该学派认为Euclid几何学就测量工具而言是先验地真的。按照该基础研究纲领的强解释，该纲领要说明(1)在前科学技术实践中隐含着某种综合的同质性原则，(2)这些原则产生Euclid几何学，也只产生Euclid几何学。事实上，Lorenzen和Peter Janich已试图明确证明这一点。② 他们没有宣称获得了成功，而是指出成功路上的主要障碍

① F.Kambartel, "Wie abhängig ist die Physik von Erfahrung und Geschte?"〔"物理学怎样依赖于经验和历史?"〕, in F.Kambartel, *Theorie und* Begründung〔《理论与辩护》〕, Frankfurt a.M, 1976.

② P.Lorenzen, *Das Begründungsproblem der Geometrie als Wissenschaft der räulichen Ordnung*, 和P.Janich, *Protophysik der Zeit*〔《关于时间的原物理学》〕, Mannheim, 1969.——原注

在于(2)的唯一性从句。①

然而，无论该从句的困难何等艰深，与证实同质性原则时所积累起来的问题相比，它显然只是第二位的。让我加以说明。如果我们设想关于唯一性的已断言得到证实，我们就可以用两种方式解释论点G：

论点G：在技术实践中隐含着同质性原则。②

第一，论点G可以是这样的：每当前科学技术实践制造出一个平面，该平面事实上就是Euclid平面，无论制造者是否意识到这一事实。仅凭制造中所涉及到的程序便可证明它是Euclid平面。第二，可将论点G解释成这样的论点：在前科学水平上，我们若从事"技术实践"，我们便只打算生产Euclid平面：把生产任何其他种类平面的意图归之于我们都是不可理解的。

关于解释论点G的方式，原物理学家们本身便是骑墙派。然而我现在的目的并不是要就这一点而得到一种承诺，因为我所要指出的是自然增长的困难，而不管原物理学家倾向于选择什么方式。按照前一种解释，该学派的纲领看来只有付出消耗元气的代价才能完成。无论前科学技术实践是什么，我们在前科学技术实践中所生产的是物理对象，并因而受物理空间几何学的支配。该空间是不是Euclid空间，这是应由实验物理学来决定的事情。多数人认为这个问题事实上已解决了：正如所证明的那样，物理空间

① P.Lorenzen，前引书，pp.138—139和P. Janich，"Zur Protophysik des Raumes"〔"论关于空间的原物理学"〕，in G.Böhme，*Protophysik*〔《原物理学》〕，Frankfurt a.M.，1976，pp.129—130.〔"(2)的唯一性从句"指的是"……也只产生Euclid几何学"这一从句。——译者注〕——原注

② A.Kamlah，"Zwei Interpretationen der geometrischen Homogenitätsprinzipien in der protophysik"〔"关于原物理学中几何学同质性原则的两种解释"〕，in G.Böhme的前引书。Kamlah的两种解释并不完全与我的解释一致。

不是Euclid空间。当然，一个足够坚定的Euclid派通过支持物理学中隐藏的变量来挽救自己的假说看来是可能的。①我并不想论证这一方法不如接受物理空间是非Euclid空间这一结论为好，而是要指出，[illegible]根据纯先验的理由（根据论点F的强解释，该学派所说的"[illegible]"指的至少是不易因未来科学进步而改变的某种东西）来回答什么几何学支配"技术上"生产的人造物这一问题的说法，该学派至今还没能提供任何理由。

按照后一种解释，论点G的遭遇同样不好。然而，在指出其原因时必须小心。下面是一种很自然的想法，即人们无法打算生产出受非Euclid几何学支配的物理对象，这种说法显然充其量只是偶然正确的；实际上，说他们无法生产出受非Euclid几何学支配的物理对象，这种说法显然事实上是错误的。但即使这种说法[illegible]它也可能是错误的。因为，假设在前科学的水[illegible]发现了Riemann几何学比Euclid几何学更"自然"，[illegible]，实际上，猜想对火星人来说情况就是如此似乎是十[illegible]如果这对火星人可能是适用的，对我们为什么不能适用呢？然而，这种想法不能解决真正的争论。我们目前研究的该学派学说的真正困难在于这样一个事实，即我们区分人们的前科学意图是毫无实际意义的，因为我们一方面继续说他们有前科学意图，一方面又认为他们不懂得这种区分。必须记住，我们关心是从事前科学实践的人们的意图；无论这个术语的意思是什么，该学派的纲领都是循环论证的，除非认为前科学性含有某种对Euclid几何学和非Euclid几何学概念掌握不足的东西。一旦理解了这一点，便会明白，前科学意图的概念实际上毫无意义，

---

① 这在P.Mittelstaedt的"Zur Protophysik der Klassischen Mechanik"["论经典力学的原物理学"]中关于物质测量学的例子中得到了论证，见G.Böhme的前引书。

因为前科学意图的表述本质上依赖于这些概念：说人们有意图，而人们又不具有表述这些意图所依赖的概念，这是矛盾的。因此，由于该学派相信不掌握Euclid几何学概念，也不掌握非Euclid几何学概念，便能产生前科学活动，由此可见，这些人是否想生产出由这种几何学而不是由那种几何学所支配的人造物的问题是无意义的。因而，该学派认为前科学的人们必然想生产由Euclid几何学所支配的人造物的论点也同样没有意义。

对论点G的后一种解释还有一个如下的疑虑。这种解释似乎使论点G空洞到了这种程度，也就是说，即使可以理解论点G，它也不能在"基础"的任何强意义上完成为物理学提供一先验基础的任务。确实"技术"设计和意图在特殊实例中事实上实现的程度是实验物理学的事情。

Peter Mittelstaedt已经提出了原物理学纲领的一种减弱了的形式。按照他的建议，关于前科学技术实践的描述，因而，关于特殊的同质性原则的相应表述，本身都是可以因后来的研究而改变的。按照关于这个问题的这种观点，该学派原先的纲领退缩成两个说法：(1)物理学需要对研究中所运用的实验仪器的性质作出某种解释；(2)由于历史的必然性，Euclid几何学的发明必然先于任何种类的非Euclid几何学，因为后者依赖于——在"依赖"的某种意义上——先进的物理学理论。这样，Mittelstaedt的建议就把原先的纲领变成了关于物理学史的论断。

Lorenzen和Janich在他们业已发表的著作中都没有接受Mittelstraedt的建议；然而，该学派的另一个成员F·Kambartel却接受了他的建议。我们不必详细地评论该建议，只要指出它面临这样一个问题就够了：即说明在什么意义上沿着通向物理学理论前进的团体必然先想出Euclid几何学，只是在后来才想出了非Euclid几何学。可以想象出何种论证以支持在人们看到

光明之前必然犯特定的、相同的错误这一论断？Kambartel的论文没有试图作任何这样的论证。

那么，为什么不干脆放弃我们刚刚称之为"(2)"的Mittelstraedt的说法呢？因为，除了说物理学在其发展的任何阶段中都对其实验仪器的性质预设了某种解释之外，Erlangen纲领几乎毫无内容。然而，在任何特定阶段都有效的解释本身也是易于随物理学知识的增长而改变的。困难在于这一说法似乎是不足道的，并且威胁着该学派无疑想坚持的原物理学知识和Popper所说的"背景知识"之间的区分，Popper将"背景知识"的特点说成是具有理论负载的、可因后来的研究而改变的，但仍然是在任何实验中所预设了的，因为没有这种背景知识，人们就不知道怎样理解实验结果。

在此，丢开原物理学并考虑前面的讨论对该整个基础研究纲领的含义是很有好处的。前面我们注意到了前科学实践概念中的含混性以及论点F中所暗含的相应的含混性。摆脱由这种含混性所造成的二难推理的一个方法如下。也许我们可以避开这种二难推理：也许科学预设的东西高于区区能力而低于一些不可改变的特定知识。可以想象事实是这样的，即任何特定阶段的科学都预设了一些特殊的可改变的知识。可是我们刚才已指出为什么这一方法是没有希望的。就原物理学来说，这一方法将Erlangen立场几乎降低为与Popper相同的立场（§3中对"Begründung"的考察会进一步支持这一结论）。

Mittelstrass最近对该基础研究纲领想出了一个新的说法。① 现在，该纲领建立在这样一个假设的基础上，即尽管（在不

① 1981年2月9日 Mittelstrass 在Copenhagen大学宣读了他的论文"Difficulties in Understanding the Scientific Mind"［"在理解科学心灵方面的困难"］之后的讨论中，提出了关于上述观点的这一特殊说法。

易改变的意义上）没有任何先验的陈述，但在科学理论的构造中仍有先验的成分。要知道怎样理解这一新方法是很困难的。象前面那样，似乎只有三种可供选择的解释。要么(I)其真理在任何时候都被预设了的特定陈述是有的；要么(II)在任何时候都有在该阶段被预设了的陈述，但这些陈述在未来是可改变的；要么(III)可以认为科学只预设了人类的能力，而不预设任何种类的知识。Mittelstrass看来现在拒绝承认(I)，这就使我们只能在(II)和(III)之间进行选择。(II)似乎是可能的，但如上所示，采纳这一解释就完全不能将该学派与当代科学哲学中的其他倾向区分开，而(III)显然是空洞的。

三

现在我想使人们注意该学派在使用基础[foundation]或"Begründung"概念方面的含混性。该学派对这一术语的使用可以指(A)为支持一个陈述而提供证据，无论该证据是不是决定性的；也可以指(B)一种制度的"奠基"["founding"]，例如一种公共承当的科学研究。在本文的标题中，我使用"基础的"["foundational"]一词就是想表示出这一含混性。但是，与"Begründung"同源的德文动词无法只翻译为一个具有相应含混性的英文动词，无论这个英文动词是褒义的还是贬义的。因此，下面我将用"辩护"["justify"]作为相当于意义(A)的"Begründung"的动词，至于意义(B)，我除了释义外，别无它法：似乎没有一个英文动词能够胜任。

我相信该学派的整个基础研究纲领都建立在一个未被注意到的含混性之上。理解该纲领的一种方法是：在科学的基本陈述必须得到辩护的意义上，科学需要"Begründung"。而理解该纲领

的另一种方法是，问题在于，科学的基础概念需要以一种修正的精神予以澄清，在这一意义上，科学需要"奠基"。困难不在于该纲领依赖于上面这两个论点，相反，持有这两个论点是完全不矛盾的。我担心的倒是该学派本身表现出根本没有意识到这样一个简单的事实，即这两个论点首先是不同的。该学派看来没有充分认识到——如果认识到了的话——需要至少初步地保持意义问题与真值问题的区别。我相信这构成了该纲领中唯一最致命的缺点；但是它与II中所讨论的那种含混性的联系将会给读者留下深刻的印象。

关于"Begründung"的含混性——即在引证证据为陈述辩护的观念与概念澄清的观念这二者之间的动摇——在该基础研究纲领的最早概述之一，即Lorenzen的*Methodisches Denken*［《按照方法的思维》］(1965)①中，就可以看出。Lorenzen认为，哲学中解释学的[hermeneutic]传统和"逻辑的"(他似乎以此指分析的）传统正在这样一个论点的基础上结合起来，即无法给人类知识提供一最终基础。解释学的结论据说是"认识不能先于生活"，而"逻辑学"的结论则是，在科学语言的形式分析中需要日常语言作为元语言而起作用。②Lorenzen对所假定的这一共同结论的通常解释表示了疑虑。尽管一般认为该结论蕴涵知识的最终基础的不可能性，Lorenzen还是相信这一结论证明基础研究的起点不可能在我们的"Leben"*或"生活"的"背后"。③然而，如果建立在"生活"本身——即II中所考察过的那些基本实践——的基础上，一最终基础实际是可能的。

---

① 重印在P.Lorenzen的*Methodisches Denken*中。

② 同上书，pp.26—28.

* "Leben"即德文的"生活"。——译注

③ 同上书，p.28.

本文的目的并不是要对上述那两种主要哲学传统的所谓共同结论提出质疑。但是我想指出，Lorenzen显然相信解释学的结论破坏了古典认识论传统围绕着试图为推测的知识进行辩护而提出问题的方式。①但在讨论分析传统的结论时，Lorenzen却将其置入一般称之为语义学的语境中。②因此，共同结论这一想法从一开始就至少是误人的；我们没有得到任何根据以期望Lorenzen所倡导的基础研究纲领能够同时处理认识论问题（即如何为知识的论断进行辩护）和语义学问题。



就该纲领的目的是有方法地引进术语和推理模式来说，可以很自然地认为其主要关心的是意义的问题。但是，这却使为什么贯彻该纲领便应期待它能解决认识论问题，尤其是为什么应该认为它能为科学提供先验基础的问题变得模糊不清了。

为了看得更清楚，我们可以简单地考虑一下该学派所倡导的对Fries或Münchhausen三难推理的解决。③众所周知，该三难推理是要表明不可能在严格的意义上为知识提供一基础，因为知识是由命题表达的，而这些命题只能通过援引其他命题而得到辩护。但这些其他的命题反过来也需要辩护。这种程序可以随意重复，我们面临着在三种不同的选择中作出抉择。为初始命题进行辩护的努力失败了，这要么是因为这种努力导致的是一场恶性的无穷回归；要么是因为这种努力被证明是循环论证的，要么是因为这个或那个命题是不经辩护而被接受的。该学派相信自己能解决这一三难推理。我们得知，如果不依赖于一过高限制性的“Begründung”概念，即“演绎的”Begründung概

① 同上书，p.26.

② 同上书，p.27—28.

③ K. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*[《科学发现的逻辑》], 1972, pp.104—105, 和H. Albert, *Traktat über Kritische Vernunft*[《批判理性论》], Tübingen, 1969, p.11.

念，就不可能产生该三难推理。该学派看来是在公认的意义上使用演绎概念的。我们得知，一俟我们采纳了该学派所倡导的更宽的"Begründung"概念，该三难推理便会消失。

然而，该三难推理决不需要这样的假设，即任何辩护都要采取通过有效的演绎论证由其他命题导出一命题结论的形式。归纳推理也可以产生该三难推理。上述三难推理所预设的只是，(1)只有命题可以支持命题，(2)用以确定一组不需辩护的命题的非任意方式是不存在的。由此可见，要解决该三难推理，就必须或者驳倒(1)，或者驳倒(2)，或者二者都驳倒，或者指出以它们为基础的推理中的混乱。

我想不出任何理由来认为该基础研究纲领能够找出混乱。因此我们不得不把据说对该学派可行的那种解决解释为存在于辩认一类不需辩护的命题的某种方法之中。这也许被认为是那类例如由原物理学所提供的先验真理。然而，只有当不论未来的科学如何进步，所提供的这些东西都在不易改变的意义上是真正先验的时，这一方法才是可行的。的确，在II中我们讨论了对论点 F 的其他两种可想象的解释；但在解决该三难推理的前景方面，二者都没有给人们提出任何帮助。按照最弱的解释，论点 F 大致只是科学依赖于某种基本的人类能力。这种看法甚至没有谈到该三难推理。按照关于先验性的另一种弱解释，情况稍微复杂了一点儿。现在，任何科学理论都应预设日常真理，但不预设这种真理的特殊组合。而且，按照以后的进步，任何这样的组合都是可改变的。

无疑，由于允许我们认为当我们达到暂时接受的基本真理时，辩护链便会完成，所以初看起来，关于该问题的这一观点被认为可阻止这种三难推理。然而，事实上，这样解决该三难推理是空想的，因为它依赖于对最终辩护所提出的要求的一种新看法。的确，这种观点使得能够进行既不循环亦非无穷回归的辩护；然

而，难题并未解决，也就是说，根据假设，在辩护链被阻断之处构成连接点[points]的那些暂时被接受的真理恰恰是暂时的。

Mittelstrass试图在关于内容的最终辩护和关于“形式”的最终辩护之间进行区分以回避这一结论。在“Wider den Dingler-Komplex”[“反Dingler-错综”]中，他争论说，该基础研究纲领并不力求为科学提供一不可改变的基础；对反常的“形式”所提出的辩护是不值得考虑的[non-starters]，在这一意义上，只有“形式”才被认为是不可改变的。①

正如II中所示，现在这一做法只有以空洞为代价才能使该纲领似乎更加可能。这里我们可以满意地看到，这种做法甚至没有使该学派在表面上解决上述三难推理。麻烦在于，当涉及到假定的“最终”辩护时，该三难推理必然重新发现在更高层次上。不知为何，Mittelstrass似乎没有意识到这一事实。很明显，应在搜罗证据为命题进行辩护的意义上看待该学派在表述该三难推理时所说的辩护(“Begründung”)概念；我在上文中正是这样认为的。无疑，就辩护而言，Mittelstrass对“最终的”或“最后的”这些词的新看法与辩护的上述意义完全一致。然而，他在自己论文的末尾却改变了自己关于“Begründung”意义的说法。现在我们可在与该词的另一主要用法有关的意义上来理解这个词：

> 一个陈述的性质是通过规则予以刻画的，这些规则规定了论证的义务和论证的权利，以说明如何可能肯定和否定该陈述，这样的一种辩护程序，就应称为Begründung。②

在其他地方还可以找到许多相似的段落。按照上面所援引的这段话，对一个命题的“Begründung”应认为是确定该命题的意义：因为规定我们应如何论证和反对一个命题，恰恰是要规定

① 重印在J.Mittelstrass的*Die Möglichkeit von Wissenschaft*中。
② 同上书，p.104.

该命题的真假条件（该学派把真假条件解释成有根据的肯定和否定的条件，这与其一般的、M·Dummett意义上的反实在论是一致的）。①然而，不能认为一个命题是可以根据地予以肯定的，这似乎是很清楚的，因为该命题是一个其初始前提本身不可肯定而只是得到语义澄清的演绎或归纳推理链的结果，也就是说，仔细清楚地说明了初始前提的可肯定性条件显然是不够的：我们需要知道的是，实际上是否获得了作出有根据的肯定的充分条件。对于这一点，任何不确定性都必然影响在归纳或演绎中以这些条件为基础的一切命题的可肯定性。

我断定，该学派甚至没有从表面上解决上述三难推理，除非是(i)在以论证为命题辩护的意义上来理解“Begründung”，(ii)在其所适合的最强的意义上来看待科学享有一先验基础的论断。否则，真正的问题要么没有涉及，要么涉及了，但涉及得不够。

四

显然，Erlangen学派的基础研究纲领处于困境之中。在多数情况下，那些问题充满了根深蒂固的含混性，以致于使该纲领至少在迄今所得到的所有表述中几乎都是自相矛盾的。然而，关于该学派的成员寻求贯彻该纲领的方式的某些细节，却有许多值得称赞的地方，因而没有理由不以一肯定的评论来结尾。我感到如果清除掉原先纲领要确立先验真理的一切主张，它的主要要点

---

① M.Dummett,"What is a Theory of Meaning(II)"["什么是意义理论(II)"], in G·Evans & McDowell, *Truth and Meaning*[《真理与意义》], Oxford, 1976; 和M·Dummett, *Truth and Other Enigmas* [《真理与其他的谜》]的"前言", London, 1978.

可以有一个斗争的机会以求生存。这样，该纲领经过净化以后，将只谈论意义问题。

如二所示，该学派关于意义的见解在Dummett的意义上基本上是反实在论的。该纲领经过净化以后，很自然会被认为本质上是试图为各门科学学科的各种重要命题概述一种反实在论的语义学。在提出这样一种方案时，Lorenzen 为古典逻辑、构造逻辑和严格意义上的构造逻辑以及原物理学的重要部分所准备的对话语义学将已是现成的，必要的修正在很大程度上是不重要的。因此，可以想象，这一经过修正的纲领甚至会有助于解决关于意义理论所采取的形式的问题。

兰 征 译

曾秋华 校

气体动力学理论中视界主义观点的发展*

Graig Dilworth

一、作为量化范畴的参量

上一章所述的科学观和科学进步观，可以借助于气体物理学的例子作进一步的注释。尽管这一例子的表述将大体循气体理论的实际发展，但我并不想以此表述作为历史分析的基础，而是把它看作把握了这一发展中概念运动的本质的连贯重构。作为表述该例的第一步，表一（p94）所提供的图式在这里被给予了特殊的参量，或量化范畴的表这一更为明确的形式。对表一所作的一般评述在这里也是适用的。

表二

	参量A 质量	参量B 长度	参量C 时间	参量D 温度
值　　标	Q	Q	Q	Q
单　　位	公斤	米	秒	开尔文度
测量仪器	天平	米尺	钟	温度计

与表一相比，列于某个特定范畴之下的谓词或概念在这里是参量的有理数值，用该参量所特有的单位来表示。每个参量都与一种

* 译自*Scientific Progress*〔《科学的进步》〕，Ch.10，pp100--117by Graig Dilworth, 1981, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holand.——译注

测量仪器相联系，适当地使用测量仪器，将会在给定的经验情形中使参量的值得以确定。①

从表二中出现的参量，我们能进而得到与气体动力学理论直接相关的参量：

表三

	参 量 A′ 体积	参 量 B′ 压强	参 量 D 温度
值　　标	Q	Q	Q
单　　位	立方米	每平米牛顿	开尔文度
测量仪器	米　尺	压力计	温 度 计

表三中出现的参量体积与压强，都是从表二中出现的参量推导出来的。体积是从长度推出的，压强是从质量、长度和时间，通过中间参量压力推导出来的；体积与压强两项假定为取有理数值。②单位牛顿是力参量的单位，被定义为每秒公斤·米/秒^2。温度参量则是从表二中直接得到的。

二、BOYLE 定律

按表三，Boyle 定律（1661年）表明，对于给定的气体，压强(的值)与体积(的值)——分别用压力计和米尺测出——的乘积不变，假如温度——由温度计测出——不变的话。③ 这个定律

① 使本表与下表适用于长达两百多年的发展所要求的标准化，已被当代科学观念的使用所推进：如下面表三中出现的牛顿和开尔文度。而且，根据标准记号，引号也未被用于指代单个参量。然而，作为量化范畴的参量，在这里并不是当作存在于世界之中，而是我们为了理解世界而使用的抽象物。

② 对参量能取实数值的描述，见第389页注①。

③ Boyle定律的最初表述未含温度参量。但在后来的发展中认识到该定律的可应用性要求温度保持不变。

可以简写成：

(28) $pV=R$（给定恒温）

按这里的表述，Boyle 定律构成物理学家所谓经验的或实验的定律。尽管它的确表达了自然界的规律性，但定律本身却仅以实际测量中使用仪器而得到的结果为基础，在此与理论无关。它未能说明为什么给定恒温，气体的体积会与其压强成反比；它仅仅告诉我们，情况一般是如此。

在应用于实际气体时，Boyle定律不是精确地有效，由对于给定气体在高温、低压情况下，即气体接近浓缩为液体的临界点时测得的结果，它会得出十分不同的结果。所以，Boyle定律完全适用的气体可以定义为理想气体。一个把Boyle定律归入其中的公式，包括对Boyle定律中pV的积随温度（T）成比例地变化的认识，构成了理想气体的状态方程：

(29) $$\frac{pV}{T}=R.$$

当这同一个方程应用于实际系统时，就被称为一般气体定律，并用以表达所有三个参量体积、压强和温度的值之间期以获得的关系。

三、理想气体模型

理想气体模型已经在物质动力学理论的范围内得到了发展（Bernoulli，1738年）。① 按照今天所理解的模型，理想气体由运动着的分子所组成，并具有以下属性：

① 一般认为，Bernoulli最早提出一种今天称之为理想气体模型的模型。但应注意到，在Bernoulli的模型中有无限多的分子；参阅Partington(1961)，p.477.

1．所有分子合起来的体积，与气体所占据的容器的体积相比，可以忽略不计；

2．除了碰撞以外，再没有任何作用于分子之上或分子之间的力；

3．当分子彼此之间或分子与容器壁发生碰撞时，分子象完全弹性球体一样作用；

4．发生分子碰撞所用的时间，与碰撞之间的时间间隔比起来，可以忽略不计；

5．分子运动完全是随机的。

Boyle定律能够从理想气体模型中推出。这一推论包括假定一种特殊气体，其中包含有限数量的分子，每个分子都具有相同的质量和一定的平均速度。① 我们也可以从这一模型中推出Gay-Lussac实验定律（1808年），它是关于在发生化学变化的情况下，相互作用的气体体积之间的关系。当这样来推导时，这些实验定律被说成是根据模型（或根据模型起核心作用的理论）而得以说明。我们也可以说，模型把诸如气体的压强（如压力计上的读数所显示的）说明为分子撞击容器内壁的结果。

如同上面所提及的，Boyle定律，或一般气体定律，无法给出在高压、低温条件下通过测量而得到的值的近似值。尤其是，当温度在特定临界点之下的气体受到高压时，它的体积将急剧缩小，并变为液体，对这种情况，这一定律没有提供任何的说明线索。

一种根据气体动力学理论来解释这种体积缩小的方法，是假定分子之间有一种吸引力，当分子彼此相对靠近（即，当气体在

① 这是一种诸如Barton在（1933），pp197-201中所采用的方式。看来这种推导也可以假定有无限多的分子，就象在Bernoulli的模型中的情况一样；参阅Partington（1961），p477.

高压下）时，这种力就起作用，严格地约束分子在特定临界点的运动。应该注意的是，虽然人们可以理解，低压下的气体分子的总体与容纳气体的器皿的体积相比可以忽略不计，但随着气体受压，这一假设也是假定的。

但是，作用于分子之间的吸引力和分子的体积不可忽略这两个概念，违反了理想气体模型。所以，在试图说明气体在高压下的行为和状态改变的现象时，如果考虑到这些因素，就必须设计一个新的模型。

四、VAN DER WAALS 定律

仍然是根据物质动力学理论，van der Waals（1873年）也提出了一个模型，能用于说明气体在高压下的行为，以及它们成为液体状态的变化。在该模型中有分子间的力存在，且分子被赋与一种确定的体积。van der Waals模型的状态方程可以用以下形式来表达：

$$(30) \qquad \left(p+\frac{a}{V^2}\right)(V-b)=RT$$

其中a和b是表示所谈到的气体的特征的常数。表达式"a/V^2"表示由某一物质所引起的压强的减少（如同理想气体模型的状态方程所要求的），这种减小是分子间的力的影响的结果；名词"b"表示作为分子体积的结果，容器中无分子的体积受影响的减小。如果$a=b=0$，则（30）还原为理想气体的状态方程。

作为van der Waals定律的表达式，（30）不仅适用于纯气态的物质，也适用于经历了从气体形式到液体形态改变的物质。

如果压强、体积和温度被表达为"临界的"（即状态变化）压强、体积和温度的分数，且均为常数，则我们得到 van der

Waals 还原的状态方程：①

$$(31)\qquad \left(p+\frac{3}{V^2}\right)\left(V-\frac{1}{3}\right)=\frac{8}{3}T$$

这一方程不包含常数a和b，它们因气体的不同而不同，所以它是一个概括了的表达式，对于具有（30）形式的单个方程式所适用的一切气体，（31）都适用。

尽管van der Waals方程式无法给出完全正确的结果，然而它比一般气体定律前进了一步，因为它适用于状态改变现象，且在大多数情况下都提供正确的数量级的结果。

五、对比例的视界主义观点的诠释

在上一章中，我以格式塔模型为背景，提出并讨论了这一观点的基本概念，并主要涉及使用诸如"红的"和"圆的"这一些简单的经验谓词。其中所讨论的中心概念有概念视界，逻辑同时性，视界的不相容性，意图、范畴和相对可接受性。下面将重新讨论这些概念，但这次是结合本章的例子，进行讨论，从而更清楚地勾画出它们与实际科学之间的关系的轮廓。

对这种观点而言特别重要的在于模型在上例中所起的作用。在这里，模型将取代概念与谓词在第九章中所占据的地位。因此，虽然在模型与谓词的应用中，可能二者都被当作构成一种"概念观点"，(科学理论则更为特别地想象为应用模型。②应该注意的是，理论与模型在这里并不是同一的：非应用模型不是理论；只管每一个科学理论都被当作某种应用模型，却并非每个应

① 详见例如Mitton（1939），pp.179-182.

② 关于这一点，参阅W·A·Wallace（1974），p.263："在新的模型技术用于获得对现象的理解的许多情况中，却包含一种看待事物的新方法并可能发生某种格式塔转换。在这种意义上，Kuhn把科学革命看成包括这种转换和被改变的观点，是非常正确的。事实上，他的范式的转换常常能看作模型转换……"。

用模型都需要作为科学理论。

根据这种观点，模型应用于什么，是受应用它的个人的意图决定的，它可以或者应用于实际的情况，或者应用于想象的情况：例如，理想气体模型可以或者应用于实际的气体，或者应用于理想气体。因此我们应该说，给定模型，或理论的意指域，在这两种情况下的指称是不同的。尽管更一般地说，科学理论的意指域被认为包罗了事情的所有经验状态，并打算把模型应用于这样的状态。因此我们看到，van der Waals模型的指称要比理想气体模型的更宽，因为前者不仅应用于纯气体形式的物质，而且还应用于经历状态改变的物质。

如果给van der Waals状态方程的参量a和b赋零值，van der Waals状态方程则还原为理想气体状态方程。作为这种观点的发展，我们能更一般地说，还原的概念适用于这样的情况，当更复杂的方程式中出现的参量被给予有限值(通常是零)时，它所给出的结果与更为简单的方程式给出的结果一致。这样的结果出现时，我们因此而说较复杂的方程式还原为较简单的方程式，或者说较简单的方程式，或从中推导出该方程式的那个模型，分别构成较复杂的方程式或模型的极限情况。现在要注意的是，在van der Waals方程的物理学解释中，参量a和b不应被赋零值，而应根据所研究物质假定二者具有常数正值。所以这里的还原就是纯形式的还原，只要把van der Waals方程当作自然定律的表达式，或当作van der Waals模型的状态方程，就不能达到这种还原。①

① 这里所提出的还原概念本质上相似于对应概念，例如在Krajewski(1977)，第一章中所讨论的。特别参阅pp.6&10。注意这一概念并不是在谈论生物学向物理学还原所使用的概念。

在这一点上还应该注意，理想气体模型和van der Waals模型在概念上是有区别的，严格地讲它们各自组成了互相独立的理论的基础，尽管二者都属于更为普遍的气体动力学理论。

在van der Waals状态方程中，参量a和b总是得到某一正值，也就是说，在他的模型中，永远假设有分子间的力的存在，且分子具有某种不可忽略的体积。这一事实意味着，他的模型和理想气体模型不能由某个人同时应用于完全相同的事态。也就是说它们在视界上是不相容的，且在应用于相同的意指域中不能逻辑上同时地看待。即使在它们各自的应用中提出同样的结果时，情况也是如此。[①] 但这并不是说两种模型相互矛盾，或把它们看作非应用系统时，它们在任何意义下都是不相容的。第一，它们并不相互矛盾，因为二者都不是语言实体，更不用说是命题了——这就是说，二者都没有断言符合这种情况的任何东西。第二，虽然二者之间可以建立形式关系，但这种形式关系可望表明的充其量不过是它们是不同的，而不是它们相互冲突。在把模型当作非应用系统时，模型在某种意义上彼此并列，各不侵犯对方的领域。仅在它们的应用中才发生冲突。

在上一章所讨论的较简单的情况中我提出，仅当两个谓词都属于相同的范畴，或用本章的术语，仅当它们是相同参量的不同值时，把二者应用于完全相同的事物，就会发生冲突。对于本章的情况，我们应说仅当两个模型含有相同的参量时，将二者应用于相同的意指域才会发生冲突。此外，如同在上一章中一样，关于两个模型是否含有相同的参量的证据，可以通过考虑它们在实际应用或检验中是否要求相同（类）的操作或测量就可获得。所以，van der Waals模型与理想气体模型二者的应用涉及使用尺子（或更为精密的仪器）、压力计和温度计的同一操作这一事实表明，两个模型都含有体积、压强和温度参量。

---

① 例如，想象Bernoulli的模型与理想气体模型给出相同的结果；但是，由于假定在前者中分子的数目是无限的，而在后者中仅是有限的，它们就在视界上是不相容的。

在这种情况下，不仅所考察的两种模型的检验或应用要求包括同类仪器的同类操作，而且它们还在某些应用中揭示出在共同操作中测出的不同结果。当应用于高压、低温的气体时，van der Waals模型，或把它作为定律的表达式的状态方程，就作出比起理想气体模型（Boyle定律，或一般气体定律）来，更接近于测量工具所测到的值的预测。所以，van der Waals模型比理想气体模型更为准确，并且，如果其他情况相同，我们因此而说它是两者之中更为可接受的，并构成了超越对手的科学进步。van der Waals模型的实际"范围"要比理想气体模型宽得多，这一事实进一步支持了上述结论，因为在状态改变的情况下，它所得出的结果至少表明了正确的数量级，而这种情况大大超出了理想气体模型所能处理的范围。另一方面，理想气体模型比van der Waals模型更为简单，这一事实加上Boyle定律在低压、高温情况下所得出的相对正确的结果，使得它不致从科学中被排除出去。

六、与定律不同的理论

总的说来，整个现代科学哲学，尤其是经验主义者和Pöpper派观点的主要缺点，在于无法描绘出科学定律的本性与理论的本性之间的本质区别的明确特征。而按照我的观点，正如上面所提到的科学理论被视为应用模型；而一个（定量的）科学定律的表达，并不是根据经验主义者和Popper派的观点采取全陈述的形式，而是由联结特定可测量参量的方程所构成。对定律的这种看法，与参量和测量仪器所起的作用一起，是可看作与R.Fürth所表达的特征一致的，他说：

"物理定律是用某些变量或'参量'之间的数学方程的形式来表达的，这些变量或参量可以或者在特定的系列（连续参量）

中假定任何的值，或者限定于有限或无限，但可数的离散值（非连续参量）的集合中，这是一个（物理学家们）普遍接受了的观点。参量或者能够被直接地‘操作’定义，即根据给定的物理系统，通过使用特定测量仪器（其读数决定了参量的数值）的充分定义的测量过程；或者能够借助于直接定义的参量，用数学公式给出间接的定义。"①

在我看来，根据上例，科学定律基本上分为两类，同一个定律可以描述为属于这两类。例如，Boyle定律可以单独由使用测量仪器的某些操作得出，或者也可以从理想气体模型中推出。在第一种情况下，它被当作经验的或实验的定律，②而在第二种情况下它被称作理论定律。③此外，可能出现这样的情况：某些定

---

① Fürth(1966), p.327；Fürth的全文构成了对模型在物理学中的作用的有价值的讨论。关于这一点，参阅Poircaré(1903), p.217, 及Campbell (1920), Ch.II。

② 参阅Campbell（1920），p.153："为什么我们把某些定律称为‘经验的’，并把它与轻微的不信任因素联系起来呢？因为，这些定律没有被任何理论所说明。"在这里并不是把某一经验定律当作必然包括测量——我们可以把这样的定律称作"定量"定律；简单地说，实验定律是被应用于实验情形的定律。

③ 该名词的这一用法与诸如Carnarp、Nagel的用法是不同的，在后者中，理论定律必然包括指称不可观察事件的名词。见Nagel（1961），p.80，及Carnarp（1966a），p.227。对本章所提出的问题的有趣的讨论，也可以在Hempel（1970）中找出。在后来的著作中，上述每位作者都参考了Campbell，他们各自的讨论在很大程度上都受到Campbell（1920）的影响。实际上，Hempel甚至提出，Campbell如此强烈地强调类比概念，他是Hempel所称的科学理论的"标准看法"的拥护者。Campbell的观点实际上与标准看法有很大的区别，如果我们认为Hempel所谓标准看法是指的逻辑经验主义的看法或任何与此非常相似的观点的话。（例如，考虑一下Campbell的说法："当然，近些年来逻辑的范围和威力极大地扩大了，但它的一些本质特征……却没有改变；任何没有显示出那些特征的思想过程仍然是非逻辑的。但非逻辑的并不是错误的同义语。我相信所有重要的科学思想都是非逻辑的，如果我们试图迫使科学推理成为逻辑规则所描述的形式，这只能把我们引向错误。"（1920），p.52）上述作者们在这里所引证的著作中并没有对理论的经验主义看法加以精制，以对科学中理论起作用的方式作出相对中立的描述。

律只是经验的，因为迄今为止都没有成功地从任何模型或理论中推出它们；或者，它们可以只是理论的，因为已经从某种模型中推出了它们，但也许由于缺乏足够灵敏的测量仪器，故没有被实验所确认。因此我们说，van der Waals定律与其说是经验定律，倒不如说是理论定律，因为它尽管已从经验的研究中得到一定的支持，但它具有一种独特的形式，这是作为推出该定律的理论或模型的本性的结果所特有的，而经验的研究本身则不会指出它的确具有这种形式。

另一方面，虽然在一些情况下，科学理论可以用（联结模型的构件的）方程式来表达，在这里，它被肯定地描述为应用模型——能从中导出经验定律的模型。所以，我的观点与N.R.Campbell的观点完全一致，他概括道：

> （气体动力学）的值，大都是从与假说的类比，而不是从形式构造中推导出来的。
>
> 这种类比对理论来说是本质的和不可分割的，而不仅仅是理论构述的辅助手段。定律与理论的区别正在于此，这种区别是最为重要的。①

现在，在把理论当作应用模型时，本文的研究从不认为这样的模型必须要么是可图示的，要么是机械的；下文的部分根据这一事实：如果模型曾起过作用的话，也不会是前一种情况。

Pirre Duhem在他的*The Aim and Structure of Physical Theory*[《物理学理论的目的与结构》]一书"抽象理论与机械模型"这一章中，否认在建立科学理论中使用机械模型的必要性。有人认为，他的论述提出在建立理论中不需要任何模型，对这一点我的研究当然反对。但要仔细地阅读一下他的著作，就

① Compbell (1920), p.119.也参阅pp.129—132。

会发现，他实际上反对的是使用可图示的模型；如果这样，他的观点就与我的观点没有什么区别了。

Duhem以区分大陆物理学家的"抽象精神"与英国物理学家的"具体精神"来开始他的论证。他指出，具有前一种精神的人，"可以毫不困难地设想这样一种观念，这一观念是剥除了将会刺激感知记忆的事物的抽象"，① 而后者的智力则"受一种条件的制约，即，所提出的对象必须是在感觉的界限之内，必须是可触摸的或可见的。"关于这后一点，他说："法国和德国的物理学家在隔开两个导体的空间中设想出一种抽象的力线，它没有厚度且并不实际存在；而英国物理学家则把这样的线条物质化，并把它加厚到以硫化橡胶注满的管子的尺寸。"②

现在，即使假定建立科学理论的最终目标是产生所研究现象的机械模型，这模型也无需是显然与Duhem有关的那一类模型，即是说，无需是可图示的模型。所以，例如，我们可以有运用诸如质点观念这样的抽象模型——它不能被图示——然而这一模型却是机械的。(如果我们把分子当作没有体积，而不仅仅是可以忽略的体积，那么这一点也适用于理想气体模型）但重要的是，按照我的观点，虽然每一个科学理论本质上都与某种模型相关，但却无须与可具体化的模型相关，而且事实上，在试图作出对一些自然现象的本质的理解时，它几乎总是包括了抽象或理想化（如质点）。

七、理想化

近些年来，一些波兰哲学家把注意力集中在科学中理想化的

① 这一引文及下一引文均引自Duhem (1906)，p.56.
② Duhem (1906)，p70.

重要性，以及它的存在与由更传统的观点所提出的对科学的看法相矛盾这一事实上。关于这一点，例如Leszek Nowak说过：

> 请我们注意，归纳主义科学模型的基本假设是把科学作为一种形式的记录[registration]或现象的系统化的观念。
>
> ……
>
> 但是这一观念并不能摆脱争议。让我们看看物理学家的理论活动。他的基本活动是构造不同类型的模型：理想刚体模型，匀质宇宙模型，理想气体模型等。构造这样的模型总是会忽略物理客体的一些特征……所以，虽然真正的物理客体具有三维空间，加上质量、加速度等，它们的模型，物质点，却有零维空间，只有这样被模拟物体的特定特征（如质量、加速度等）……所以，模型的构造决不是对现象的记录——模型不是现象的"简略的记录"，而是它的变形。①

Nowak继而提出，模型的活力依赖于模型中强调的特征对于现象是否是"本质的"。②

在*Correspondence Principle and Groath of Science*[《对应原则与科学的增长》]一书中，Wladyslaw Krajewski从物理学和社会科学中提出了包含有理想化的许多例子（包括理想气体模型和van der Waals模型）；并指出这些情况与Aristotle的"粗糙的经验主义"如何不同，理想化在后者之中不起任何作用。③ Nowak与Krajewski两个都承认理想化的使用包括作出与事实相反的假设，因而它对科学定律和理论的经验主义看法提出了严重的问题。Nowak还提出，理想化与Popper的科学哲学不一致；在本文的研究中，对这一点的理由就变得清晰了，那就

① Nowak（1979），pp.284-285.

② 对于这一点，又见Hesse（1966），pp.34f.

③ 参阅Krajewski（1977），Ch.2。当前作者在别处表达的关于理想化的观点，见Dilworth（1979），及Dilworth/Bunge，p.420.

是，Popper的看法同经验主义的看法一样，都是以演绎模型为基础的（顺便指出，这种模型非常类似于Aristotle的三段论，如同第一章曾提到的）。

另一方面，本文的看法承认理想化在科学中的重要性，并把它看成在决定每个科学理论的本性中起了核心作用。而且，把科学理论当作应用模型，对于达到这一观点——出现在这些模型中的诸如质点和理想弹性球体这些理想对象，正是理论名词的指称物——是非常容易的一步。

八、理论名词和对应规则

在理论与定律之间的关系的经验主义看法的范围内，第四章讨论了理论名词和对应规则的概念，并发现这些概念引起了经验主义观点的严重问题。

理论名词

经验主义的理论名词问题，与这种名词的有意义性有关，它来源于下面这个事实：根据经验主义的看法，科学中所有非逻辑名词的意义最终由它们与观察名词的形式关系来决定。为了与实证主义的起点一致，这种观点把观察名词看作那些以感觉资料对象为指称物的名词。这一要求不仅引起了有关上一节中提到的一类名词的问题，而且引起了有关度量名词和其指称物具有趋向属性① 的名词的问题，如同第四章所指出的那样。令人遗憾的是，由于根据经验主义的看法同样不能处理这后一类的名词，而逐渐把它们称为理论名词，这就使得经验的或实验的定律与科学理论之

① 对于与本章研究的观点一致的有关趋向属性的讨论，见 Agazzi（1976），pp.149ff.

间的区别模糊起来。

但我认为，科学并非最终依赖直接经验到的东西，即主观的感觉资料，而是基于包括使用特定仪器的操作结果，即能为主体所共有的东西。① 这样，度量概念，例如温度，就不是被视为理论的（这并不是说它们不需要先验预设），而是经验的或实验的概念，因为它们被用于经验定律的表达中，这些经验定律结合起来，可视为构成了科学的经验基础的整体。

在许多重要方面，我的观点也与P. W. Bridgman的观点不同，尽管他也强调操作在科学中所起的作用。主要区别在于，他强调科学名词的意义，认为其意义最终由这些名词的应用中所进行的操作来决定。② 但另一方面，意义在我这里并不起核心作用，而是操作本身起这种作用。所以，如上文所提出的，运用了具有非常不同的意义的名词的两个不同理论，可能都与同一个操作相联系。但是，关于这一点，更为重要的是，在我看来，不应认为理论概念的有意义性取决于操作，事实上情况常常是这样：对它们的"意义"的先验评价，提出可以进行哪些操作，以决定它们的相对可应用性。所以我认为，理论名词几乎不是从观察基础（人们意欲把理论应用于这个基础）中获得其意义，而是从别的任何来源，如形而上学和日常谈话那么多种多样的来源获得其意义，这样我就既与Bridgman，又与经验主义者清楚地区分了开来。③

所以，就气体动力学的情况而言，我们看到，基本理论概念是从原子论形而上学（尽管以新的方式引入这些概念同样是"有

① 关于科学中执行操作与人们共有性［intersubjectivity］之间的关系，见Agazzi（1977a），pp.162ff，及（1978），pp.100ff.

② 参阅Bridgman(1936)，Chs. II & IV.

③ 对本章中提出的这一点及与此相关的其他观点所作的明晰的批评，见Spector(1965)。关于这一点，也见Kuhn(1974)，pp.465—466.

意义的")和诸如随机运动、弹性这些日常概念得来的。虽然理想气体中的分子应以与Newton运动定律一致的方式运动，用于描述这一模型的名词的意义，几乎不能说成是依赖于那些定律的推论，更不能说成是依据定律本身可以被当作经验的这个事实。

对应规则

第四章提到，理论名词如何获得其意义的经验主义问题，是与经验定律如何能够从含有这种名词的理论中形式地推导出来的问题紧密相联的。这后一个问题也是针对Popper派的观点提出来的，这是因为，由于以演绎模型为基础，这派观点也要求从理论水平到经验水平的形式推导。经验主义者们承认直接推导的不可能性，他们注意到，在实际科学中为了把理论概念与经验概念联系起来，就需要某些"规则"(对应规则)。(给出这些规则，随后的推导是否是严格意义上的形式推导这一问题就将在此不管了。)所以，例如Hempel曾说，

"在经典气体动力学理论中，内在原理是关于气体分子的假设；这些假设涉及分子的大小、质量、大数；也包括各种定律，这些定律部分是从经典力学中得来的，部分在本质上是统计的，与分子的运动和碰撞有关，并与它们在动量和能量上引起的变化有关。连接原理[the Bridge principles](对应规则)包括这样一些陈述，例如：气体的温度与其分子的平均动能成比例，弥散在容器壁内的不同气体的比率与该气体分子的数目和它们的平均速度成比例。"①

我认为，在建立科学理论的过程中，模型不仅仅提出问题，而是起核心作用，对应规则当作是为了使模型可以应用于经验情况而作出类比所要求的东西。所以我接受了存在对应规则的观

① Hempel(1970), p.144.也可参见Nagel(1961), pp.93—94.

点，并实际上要求它们以使理论成为可应用的。与此相对照，就经验主义者而言，他们承认对应规则的存在，同时就承认，如果没有这些规则，经验定律就不能够从抽象理论中推导出来，也就是说，推导不是直接的，而是间接的，因为它依赖于这些规则。当我们认识到，对应规则经常只是隐晦地给出，它们的本性并没有由模型（理论）本身所阐明时，对推导是间接的这一点就更为清楚了。对于这后一点，我们看到，这些规则更象是科学家为了使理论"可应用于"某些经验事件而作出的约定。因而我们也看到，同一个模型应用于不同类型的情形时，将会有着不同的对应规则。所以我们应该说，在应用某个特定的模型中所使用的对应规则，部分由模型本身的本性所决定，部分由应用它的人意图所决定。对于这一点我们可以加上，模型的应用在于借助于对应规则推导出经验上可以检验的理论定律。

九、实在论与工具论的对立

在我看来，实在论与工具论之间关于理论对象的本体论地位的争论仍然是悬而未决的。但应该指出的是，我认为理论概念是理想化或抽象化的产物，在此意义上，如果存在它们的实在对应物，则这些对应物不能恰好具有概念所包含的那些属性。例如，假定实际气体由高速运动的分子所组成，这些分子不能有零体积（如同理想气体模型可能提出的一种解释），且它们似乎也不能是理想球形或理想弹性的分子。①

另一方面，根本否认对应物的存在，也可能是成问题的，假

① 关于这一点，参阅Boltzman(1896),p.24，他说："在把气体理论描述为机械类比中，"我们已指出，通过这个词的选择，我们已经偏离在可见的物质中将会看到物体的最小粒子的真正属性这种观点是多么远了。"

如我们把理论理解为或者是就经验定律，或者是就单个的现象提供说明的话，关于理论与定律的作用的一种自然解释提出，经验定律本身仅仅表明一种形式的恒常连接，在某些情况下，当它是从理论中推出的时，它可以得到因果定律的地位。例如，在从理想气体模型推导出Boyle定律后，我们就可以说，随着气体体积缩小，压强增加，因而撞击容器壁的分子的数目在每个单位时间增加了，我们就以这样的方法说明了这一现象。我们借助于我们已理解了的东西即模型说明了我们开始并不理解的东西：恒常连接。① 可能有人认为，接受这一观点要求对实际气体中分子的存在作出某种承诺。

虽然上述结论可能遇到挑战，这里所强调的仅仅是，我的观点既不排除对科学理论本性的实在论研究，也不排除工具论研究。

本章所提出的看法的发展，不仅会有助于澄清它与实际科学的联系，而且暴露出了应用经验主义和Popper派看法的类似企图所面临的更多困难。在这一方面最重要的是看法把理论作为普遍的命题，这些命题形式有蕴含对特定类现象的描述，而我认为，理论实际上更类似于与现象（的描述）不是逻辑相关，而是类比相关的模型。下一章将考虑这一看法的替代解释，在这种解释中模型也起了基本作用。

---

① 因此我们就有了Campbell所说的"以更熟悉的东西来说明"的事例。他指出："气体理论说明Boyle定律，不仅因为它表明它能被看作与Gay-Lussac定律同样的普遍原理的推论，而且因为它把这两个定律与弹性粒子的运动这个更为人所熟悉的观念联系了起来。"(1920)，p.146.

关于刻画出现象的本质特征并因此而因果地说明了现象的模型的观念，也可参见Nowak(1980)，pp.128-129.

参考书目

Agazzi, E.(1976)"The Concent of Empirical Data", *Formal methods in the Methodology of Empirical Science* M·Przelezki et al(eds.), D·Reidel, Dordrecht, 1976.

(1977 a) "Subjectivity, Objectivity and Ontological Commitment in the Empirical Science", *Historical and Philosophical Dimensions of Logic, Methodolgy and Philophy of Science*, Butts and Hintikka (eds.), D.Reide, Dordrecht, 1977.

Barton, A.W.(1933)*A Fext Book on Heat*, Longmans, Green and Co., London, 1944.

Boltzmann, L.(1896) *Lectures on Gas Theory*, S·G·Brush(tr.) University of Califonia Press, 1964.

Bridgman, P.W. (1936)*The Nature of Physical Theory*, Prinston University Press, Prinston, 1936.

Campbell, N.R.(1920) *Physics: the Elements*, Cambridge University Press, Cambridge, 1920; reprinted as *Foundations of Scienc* Dover Publicatons, New York, 1957.

Carnap, R.(1966a) *Philosophical Foundations of Physics*, Basic Books, New York, 1966.

Dilworth, C.(1979) "Correspondence Principle and Growth of Science" (Review of Krajeweski(1977)), *Epistemologia* 2, 1979.

Dilworth, C./Bunge, M. (1979) "On Bunge's 'Treatise on Basic Philosophy'", *Epistemologia* 2, 1979.

Duhem, P.(1906)*The Aim and Strcucture of Physical Theory*, P.P.-Wiener(tr.), Atheneum, New York, 1962.

Furth, R.(1969) "The role of models in Theoretical Physics" *Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosphy of Science* 1966—1968, R.S.Cohen and M.W.Wartofsky (eds.), D.Reidel, Dordrecht, 1969.

Hempel, C.G.(1970) "On the 'Standard Conception' of Scientific Theories" *Minnesota Studies in the Philosophy of Science IV*, M.Radner and S.Winokur (eds.), University of Minnesota Press, Minneapolis, 1970.

Hesse, M.(1966), *Models and Analogies in Science*, University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana, 1966.

Krajewski, W.(1977) *Correspondence Principle and Growth of Science* D.Reidel, Dordrecht, 1977.

Kuhn, T.S.(1974) "Second Thoughts of Paradigms" *The Structure of Scientific Theories*. F·Suppe (ed.), University of Illinois Urbana, 1974.

Mitton, D.W.(1939) *Heat*, J.M.Dent and sons, London, 1945.

Nagel, E.(1961) *The Structure of Science*, Harcourt, Brace & World, NewYork, 1961.

Nowak, L.(1979) "Idealization and Rationalization", *Epistemologia 2* Special Issue, 1979.

(1980) *The structure of Idealization*, D.Reidel, Dordrecht, 1980.

Partington, J.R.(1961) *A History of Chemistry*, Vol. 2, Macmillan and Co., London, 1961.

Poincare, H.(1903) *Science and Hypothesis*, Dover Publications, New York, 1952.

Spector, M.(1965) "Models and Theories", *British Journal for the Philosophy of Science* 16, 1965—1966.

Wallace, W.A.(1974) *Causality and Scentific Explanatin Vol.2*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1974.

黄亚林 译

曹秋华 校